II L/15

Bayerische Berg-, Hütten- und Salzwerke Aktiengesellschaft
Bibliothek
Gr. II L
B. 15

BHS II L 15

Das Weltgesetz

oder

neue Theorie der allgemeinen Schwere

von

Johannes Beglinger.

Motto:
Eine Hypothese ist gerechtfertigt, wenn sie den Erscheinungen genügt und das Ganze vereinfacht; sie ist nur verfrüht, wenn man ihre Konsequenzen noch nicht überschauen kann.

Dr. Rudolf Wolf,
Direktor der Sternwarte in Zürich,
in seiner Geschichte der Astronomie, bei Anlass der Theorie des Kopernikus.

Zürich,
Commissionsverlag von *Meyer & Zeller.*
1885.

Bayerische Staatsbibliothek München

Alle Rechte gewahrt.

Druck der Aktienbuchdruckerei Wetzikon.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

ERSTES BUCH.

Geschichte der Theorie über die Massenschwere.

Kapitel 1.

Einleitung.

1. Umfang und Zweck des Werkes. Wie seinerzeit Newton durch den Titel seiner Hauptschrift „Philosophiæ naturalis principia mathematica“ andeutete, so ist auch das vorliegende Werk nicht nur für die Physiker und Astronomen, die es zwar in erster Linie angeht, sondern auch für die übrigen Naturforscher und für die Philosophen bestimmt.

Komm und siehe! lautet die Aufforderung. Die nähere Prüfung wird entscheiden, in wie weit die vorliegende Arbeit auf gültigen Grundsätzen ruht und richtige Mittel anwendet.

Zu den besten Mitteln gehören vielseitige Beobachtungen und Versuche in den bezüglichen Wissenschaften, sowie logische und selbständige Urteilskraft.

Als Hauptmittel, neben so vielen Hülfsmitteln, bleibt die Hypothese, um einerseits die Gültigkeit der durch Beobachtung und Versuch gefundenen Gesetze über die engen Grenzen des Raumes und der Zeit auszudehnen, und um anderseits weitere begriffliche Stoffe und Kräfte zu bilden, wo die eigene Wahrnehmung keinen Anhaltspunkt mehr hat. Es müssen aber immerfort die notwendigen Folgen der Hypothese mit den tatsächlichen Erscheinungen verglichen werden.

BIBLIOTHEK DER K. B. GENERAL BERGW. U. SALINEN ADMINISTR.

Es ist Aufgabe jeder einzelnen Wissenschaft, die in ihren Bereich fallenden Gesetze aufzustellen, und Aufgabe der Philosophie, durch Verbindung der geeigneten Gesetze zu dem Einheitsgedanken der Gesamtnatur zu gelangen, oder eben die letzte Ursache zu ergründen.

So erhaben diese Aufgabe, so gering sind unsere Mittel, da die höchsten Gesetze eben nur auf die Vermutung gestützt werden können.

2. Vorzüge der Naturwissenschaften. Wie entzücken die poetischen Fabeln und Parabeln das Kindesgemüt! Wie träumt es sich herrlich im paradiesischen Kindheitsalter, wo das vermeintlich Wahre und Gute in ungetrübtem Glanze vor uns steht und das Unlautere sorgfältig vor unsern Blicken verhüllt wird! Doch Alles hat seine Zeit. Das reifere Jugendalter wächst in die Wirklichkeit hinein, wirft eine Taüschung um die andere über Bord, lüftet einen Schleier um den andern. Diese Vorgänge reizen zur eigenen Beobachtung, zur selbständigen Forschung.

Die Laüterung schwillt lawinenartig an. Die glaubwürdigen und unglaubwürdigen, die wahren und unwahren Dinge werden ausgeschieden. Wer in diesem Stadium angelangt ist, lässt sich keine Ansicht mehr aufdrängen. Es ist dem selbständig sich entfaltenden Jüngling gleich widrig, ob eine verblümte Sprache ihn taüschen, oder eine blinde Ueberzeugung ihn fesseln will. Er zahlt es mit Geringschätzung oder Mitleid zurück; denn eigene Erkenntnis und Ueberzeugung wachsen und reifen in ihm.

Meistens trägt der erwachende Jüngling bittere Gefühle auf die Gebiete über, in denen er solch unliebsame Erfahrungen gemacht hat. Immer reiner und heller schwebt ihm die Wahrheit als Ideal vor.

Ich gestehe, dass im Jünglingsalter mehrere ethische Fächer, für die ich sonst eingenommen war, plötzlich ihre Anziehungskraft auf mich verloren, und die Naturwissenschaften mich um so mehr anzogen, da ich durch Beobachtung und Versuch die Wahrheit selbst zu finden verhoffte. Dieses Ziel lockte mich mächtig, wenngleich Lessing (1729—1781) sagt: Nicht die Wahrheit, in deren Besitz irgend ein Mensch ist oder zu sein vermeint, sondern die aufrichtige Mühe, die er angewandt hat, hinter die Wahrheit zu kommen, macht den Wert des Menschen. Denn nicht durch den

Besitz, sondern durch die Nachforschung der Wahrheit erweitern sich seine Kräfte, worin allein seine immer wachsende Vollkommenheit besteht. —

Für dieses Streben nach Wahrheit ist die Naturforschung jedem Menschen ein offenes und unendliches Gebiet.

3. Notwendigkeit der ethischen Wissenschaften. Der Mensch lebt um so sicherer und freier, je mehr praktische und theoretische Kenntnisse er von der Aussenwelt hat. Dabei spielen die Beziehungnn zum Weltganzen und zu den Nebenmenschen die grösste Rolle.

Das Weltall fesselte mich eine Zeit lang so stark, dass ich den ethischen Wissenschaften den Rücken wandte; aber ich konnte ihrer nicht entraten. Sagt ja Kant mit Recht: Zwei Dinge sind würdig, den menschlichen Geist zu fesseln und zur Bewunderung hinzureissen — das sittliche Gesetz in uns und der gestirnte Himmel über uns.

Das tägliche Leben bringt uns in tausendfältige Beziehungen zu den Nebenmenschen. Wir erhalten Rechte und Pflichten als Individuen, als Glieder der Familie, der Gemeinde, des Staates und des Weltbürgertums.

Wir suchen den Lebenszweck zu erfüllen, wir gründen eine eigene Familie. Diese soll uns und der Gesamtheit zu Nutz und Ehren gereichen und die engen Schranken der Zeit überdauern.

Wir werden in die sozialen und politischen Kämpfe hineingezogen. Die einseitigen Urteile und die üblichen Schlagwörter, die flüchtigen Tageserscheinungen und die dauernden Institutionen, die Forderungen der verschiedenen Kasten und Gruppen: für die sich mehr und mehr erweiternden Kreise ist uns ein Wegweiser willkommen.

Dazu kommt auf dem ethischen Gebiete der tollste Widerspruch: Was der Eine begeistert in den Himmel erhebt, weiht der Andere kaltblütig der Hölle. Der Eine vernachlässigt seine allernächsten Pflichten, und glaubt dadurch seinem Gotte besonders wohlgefällig zu sein; der Andere pflegt nur seinen Leib und bekümmert sich um alles Uebrige nicht. Der Eine preist die sittliche Weltordnung und kümmert sich nicht um die Naturkräfte; der Andere schwärmt für die Weltgesetze und verweist die ewigen Ideen des Wahren, des Guten, des Schönen und des Heiligen ins

Gebiet der Fabel. Der Eine hält sich an das einfache Sittengesetz: Wie ich es selbst wünsche, tue ich dir; der Andere sieht nur auf den eigenen Vorteil und sucht sich mit Klugheit und Pfiffigkeit durchzuschlagen. Das verlangt kategorisch, dass man sich für einen bestimmten Wegweiser entscheide.

Auch den politischen und sozialen Kampf habe ich im Kleinen miterfahren, und bin selbst in Reih' und Glied gestanden. Man muss es durchmachen. Nach vielfältiger Erfahrung hat das Leben erst seinen wahren Wert. Man versteht und würdigt es, wenn geniale Männer durch Einsicht, Mut, Tatkraft oder Beispiel in das Getriebe ihrer Zeit eingreifen und die Leistungsfähigkeit eines Standes, eines Volkes, ja der gesamten Menschheit erhöhen.

Nicht nur die Alltagsmenschen, auch die Philosophen widersprechen sich vielfach; langsam reift die Erkenntnis. Während der Verfasser der Genesis (Gen. 3, 16 und 3, 19) vor dem Richterstuhle Gottes als die höchsten Strafen für das Weib die Mutter- und Gattenpflicht, für den Mann Arbeit und Mässigkeit und für beide den Tod bezeichnet, so begreifen nach wenigen Jahrhunderten einsichtige Männer, dass diese vermeintlichen Strafen die grössten Wohltaten des Menschengeschlechtes sind, dass z. B. die Arbeit das Herrlichste im Leben ist, dass der Tod seiner Zeit zum Labsal wird und zur Vervollkommnung der Menschheit führt.

Trotzdem haben wir noch Genusssucht und Weichlichkeit neben uns und müssen es mitansehen, wie der abgehärtete Bergbewohner im Tal, und der kräftige Landbewohner in der Stadt die Lücken ausfüllt, welche daselbst durch unrichtige Lebensweise (falsche Bildung, missbrauchten Reichtum u. s. w.) entstehen. Glücklich der Mensch, welcher für sich und die nähern und fernern Seinigen den richtigen Wegweiser aufstellen kann.

4. Ueber die Wahrheit. Viele Leute achten die Wahrheit nicht hoch. Lügen und Leugnen halten sie für ein Menschenrecht, und die Unwahrheit sagen sie ohne die notwendige Beschränkung. Wie aber die Lüge uns in Widerspruch bringt mit dem Zweck der Sprache, d. h. mit der gegenseitigen Verständigung vernünftiger Wesen, so verhüllen uns falsche Ansichten und Theorien die Wirklichkeit und legen grössere Gebiete lahm.

Die Wahrheit sei und bleibe heilig! Die Märtyrer des Glaubens, der Freiheit und des Fortschrittes sind uns auf der Sonnen-

bahn der Wahrheit vorangeschritten, um die höchsten Ziele der Menschheit zu erreichen. Nur die Wahrheit befreit den Menschen von allen unwürdigen Fesseln und führt das Scepter im Rate der Wohlfahrt. Ihr gebührt der Vorrang in Staat und Wissenschaft.

Wenn also eine neue Weltanschauung vom Umfang der vorliegenden die Wahrscheinlichkeit darbietet, neue Wahrheiten für alle Gebiete der Naturwissenschaft zu bringen, so gehört sie ohne weitere Bedenken vor das Forum der Oeffentlichkeit. Im Interesse der Wahrheit kann man die grössten Anstrengungen machen. Möchten die folgenden Worte des Naturforschers Plinius sich an der vorliegenden Arbeit bewähren: Die ewigen Wahrheiten sollen durch die Majestät der Theorien geoffenbart werden! —

Novalis sagt: Der Mensch besteht in der Wahrheit. Gibt er die Wahrheit preis, so gibt er sich selbst preis. Wer die Wahrheit verrät, verrät sich selbst. — Die Erforschung der Wahrheit ist das höchste Ziel des Weltbürgertums.

5. Bruch mit der newtonischen Theorie. Wie das Kind die Schwächen seiner Umgebung meisterhaft auszubeuten versteht und darin gerade Unglaubliches leistet, so entfaltet die reifere Jugend, wenn ihr Denkvermögen erstarkt ist, mehr Selbständigkeit und Eigenart, als man ihr gewöhnlich zutraut. Aber bei ihrer Unbeholfenheit verstrickt sie sich in unwegsame Pfade und bleibt nach manchem unnützen Anlauf meistens ruhig stehen.

Ich ging verwegenen Schrittes weiter. Im Jahre 1855 hörte ich auf der hohen Schule (in einem Kolleg über physikalische Geographie) beilaüfig von der Dunkelheit der eigentlichen Sonnenoberfläche und der Anziehung der Sonne auf das Planetensystem sprechen. Diese Ansichten waren damals allgemein gültig und mir nicht unbekannt. Doch durchzuckte mich der Gedanke: Das ist noch unglaublicher als manches Dogma! und ich legte die Feder bei Seite. Nach einigem Hinbrüten nahm ich mir vor, so wenig als möglich aus Büchern zu lernen, damit ich nicht vorgefasste Meinungen aufnehme; aber die Natur bis ins Einzelne selbständig zu erforschen.

Ich erstaune jetzt über jenen kühnen Gedanken; aber damals ahnte ich nicht alle Schwierigkeiten. So dachte und handelte der strebsame, aber unerfahrene Jüngling; er schloss sich ab, ging allein nach Wahrheit aus; liess aber dem Irrtum auch Tür und

Tor offen. Die lange Reihe von Jahren hat zwar manches verbessert und mich endlich auf die goldene Mittelstrasse geführt. Die landlaüfigen Ansichten wurden ebenfalls erwogen; doch in der Hauptsache bin ich dem ursprünglichen Entschlusse treu geblieben. Die Mussezeit, welche mir der Lehrberuf gewährte, habe ich getreulich benutzt, um die Grundbeziehungen der Meteorologie, der Geologie, der Astronomie, ja der gesamten Naturwissenschaft in einen Kranz zu verflechten, von dem das vorliegende Werk wenigstens einen Einblick gestattet. Ich allein weiss, welche Riesenarbeit das war, beschlägt sie ja das Weltgesetz. Freilich bot sie auch manchen hehren Genuss.

Ich wäre im Stande, jeden wichtigen Schritt vom ersten Zweifel bis zum gänzlichen Abfall von der newtonischen Theorie zu bezeichnen; ich erwähne aber nur im Allgemeinen, dass ich zuerst die Theorie über die Schwere und später diejenige über die Stabilität der Weltkörper fallen liess, weil erstere der Einheit der Naturkräfte und letztere dem offenkundigen Lebensprozess jedes mir bekannten Dinges widerspricht.

Erst in jüngster Zeit, als ich alte und neue Schriftsteller las, fand ich unter den getreuen Anhängern Newton's hervorragende Männer, welche ihre Bedenken über die bisherige Schwere aüsserten und mich indirekt zu der Veröffentlichung der vorliegenden Theorie ermunterten. Ich will einige Beispiele anführen.

So sagt Lamont (Astronomie und Erdmagnetismus von Dr. Lamont, Direktor der Sternwarte in München. Stuttgart 1851, Seite 67): Es gab eine Zeit, wo man nach allen vorliegenden Erfahrungen von dem Licht und der Sonnenwärme hätte sagen können, sie seien Kräfte, die in der Ferne wirken, Kräfte, die im Augenblicke über unendliche Raüme sich verbreiten. Als man aber durch weitere Forschung erkannt hatte, dass sie von Punkt zu Punkt sich fortpflanzen und allerdings einer Zeit dazu bedürfen, da fand die Idee einer in die Ferne wirkenden Kraft — wie wir uns jetzt die Gravitation vorstellen — auf diese Klasse von Phänomenen keine Anwendung mehr. Ob nicht auch eine Zeit kommen wird, wo man die Gravitation als etwas Fortgepflanztes — als eine Strömung — erkennen und einen Träger, vielleicht denselben Aether — brauchen wird, möchte nicht gerade als ausgemacht jetzt noch zu betrachten sein, und einige Wirkungen, die wir wahrnehmen — z. B. die abnehmende Geschwin-

digkeit der Mondbewegung — könnten wir einer solchen Ursache beimessen. Auch begegnen wir hier der charakteristischen Tatsache, dass stets grosse Anziehungskraft mit grosser Lichtentwicklung verknüpft ist.

Mädler sagt in seiner Abhandlung über die Zukunft der Astronomie (Reden und Abhandlungen über Gegenstände der Himmelskunde von Dr. J. H. von Mädler. Berlin 1870, Seite 4 bis 9): Noch immer entspricht die newtonische Theorie der Beobachtung nicht in allen Teilen, wie die Schärfe der letztern es zu fordern scheint. Das Problem der drei Körper hat noch keine Lösung gefunden, ob vielleicht noch andere Kräfte daneben wirken oder ein widerstehendes Mittel sich geltend macht. Vielleicht sollten wir mehr Analysten haben, die mit Physik und Chemie vertraut wären, wie Arago und Gauss; vielleicht müssen wir uns nach neuen Massen umsehen. Die Säkularungleichheit des Mondes hat zahlreiche Kontroversen hervorgerufen. Es ist schade, dass man aus frühern Zeiten nichts Genaues über die Kometen hat.

Secchi (Die Sterne von P. Angelo Secchi, w. Direktor des Observatorio am Collegio Romano. Leipzig 1878. Seite 336 u. 337) sagt: Die Schwerkraft beherrscht das ganze Weltall vom fallenden Stein auf der Erde bis zu dem Nebelfleck, der sich in der Tiefe des Raumes verdichtet. Sie ist die letzte Ursache des Glühens der Sterne, welches durch die lebendige Kraft der zusammenstürzenden Massen erzeugt wird. Diese Kraft ist aber nicht die einzige, welche im Weltall herrscht; vielleicht ist sie auch eine Folge des Gleichgewichtes des Aethers. Die Kometen zeigen uns Spuren einer andern, noch nicht genau bestimmten Kraft, welche im Raume wirkt. Die schnelle Entwicklung des Schweifes, offenbar durch ein Zurücktreten der anfangs gegen die Sonne getriebenen Materie erzeugt, lässt sich weder durch die Wärme, noch durch die Schwerkraft allein erklären. Man hat den Magnet und die Elektrizität zu Hülfe gerufen; indessen wissen wir über die Natur dieser Erscheinung durchaus nichts bestimmtes.

Die Veränderungen der Sonne, welche sich in der Periodizität der Flecken und in der Kraft und Lebhaftigkeit der Eruptionen zeigen, haben einen Wiederschein in den Schwankungen des Erdmagnetismus und der elektrischen Erscheinungen des Nordlichts. Dies beweist, dass ausser der Schwerkraft eine andere Kraft von der Sonne ausgeht und sich durch den Raum verbreitet,

die Planeten durchdringt und auf denselben die merkwürdigsten Veränderungen erzeugt. Wir sind von der Existenz einer solchen Kraft überzeugt; kennen indessen die Art ihrer Wirkung nicht. Ist es eine einfache magnetische Wirkung oder eine einfache Umformung der Wärmewirkung?

Früher wurde die newtonische Lehre oft von Leuten angegriffen, bei denen Unwissenheit, Lüge und Frechheit sich breit machten. Im Vorhergehenden bekennen die namhaftesten Forscher nachdrücklich die Unzulänglichkeit dieser Lehre.

6. Einteilung Das vorliegende Werk gliedert sich folgendermassen:

ERSTES BUCH.

Geschichte der Theorie über die Massenschwere.

ZWEITES BUCH.

Unrichtigkeit der Massenschwere.

DRITTES BUCH.

Wesen und Wirken der Kälteschwere.

Einzig das erste Buch bedarf einer besondern Rechtfertigung. Bei Bearbeitung des zweiten Buches war ich immerwährend gezwungen, einzelne historische Begebenheiten einzuflechten, welche den Zusammenhang störten. Ich entschloss mich deshalb, dieselben zu einem kurzen Gesamtbilde zu vereinigen und den beiden wichtigsten Büchern voranzustellen.

Laplace sagt im Anfang seiner Exposition des Weltsystems: Vor allen Naturwissenschaften zeigt die Astronomie die längste Kette der Entdeckungen. Es ist ein ausserordentlicher Abstand vom ersten Anblick des Himmels bis zum allgemeinen Ueberblick, womit man heute den vergangenen und künftigen Zustand des Weltsystems umfasst. —

Von der ersten Naturforschung bis auf Kopernikus war es besonders auf die Gestalt und Bewegung der Weltkörper abgesehen, seitdem auf die Materie und die bewegende Kraft. In den

letzten zwei Jahrhunderten haben sich alle wichtigen Errungenschaften auf dem Gebiete der Natur um die newtonische Schweretheorie krystallisirt. Der Angriff auf diese stolze Burg geschieht nach langjährigen Beobachtungen und Kämpfen, und das neue Gebaüde, das an ihre Stelle treten soll, besteht aus tausend einzelnen Steinen, die in beinahe dreissigjähriger Arbeit mühsam zusammengelesen wurden. Ja mühsam war der Weg; immerhin reich an hohen Genüssen. Jean Paul hat Recht: O selig, selig ist der, dem Gott eine grosse Idee bescheert, für die er allein lebt und handelt und die er höher achtet als seine Freuden, und die immer jung und wachsend ihm die abmattende Eintönigkeit des Lebens verbirgt.

Ich musste oft verstohlen meinen eigenen Weg gehen und mich von den liebsten Freunden fernhalten. Wenn wir mitunter ein gemeinsames Ziel erreicht hatten, schlug ich mich unversehens in die Büsche. Denn die innere Stimme sagte mir gebieterisch mit Göthe:

Ursprünglich eig'nen Sinn
Lass dir nicht rauben!
Woran die Menge glaubt,
Ist leicht zu glauben.

Möge der geneigte Leser Nachsicht walten lassen nach der Grösse der Aufgabe und nach den geringen Mitteln des Verfassers, der sich tausendmal mit dem Spruche tröstete: Was man nicht mag erfliegen, das mag man erhinken.

Das folgende Göthe'sche Wort hat sich an diesem Werke mehr oder weniger schon erwahrt:

Weite Welt und breites Leben,
Langer Jahre redlich Streben,
Stets geforscht und stets gegründet,
Nie geschlossen, oft gerändet,
Aeltestes bewahrt mit Treue,
Freundlich aufgefasstes Neue,
Heitern Sinn und reine Zwecke:
Nun, man kommt wohl eine Strecke!

Kapitel 2.

Die Ansichten des Altertums.

7. China, Indien, Babylonien und Egypten. In China wurde die Himmelskunde gepflegt schon 3000 Jahre vor unserer Zeitrechnung. Im Jahr — 2697 wurde die erste Finsternis aufgezeichnet. Es gab eigene Beamte, die behufs religiöser Feste gewisse Zeitabschnitte zu bestimmen und die auffallenden Erscheinungen, wie Finsternisse, zu beobachten hatten. Um — 2360 wird das bürgerliche Jahr zu $365^1/_4$ Tagen festgesetzt. Da man lange vor dieser Zeit annahm, dass die Sonne täglich einen Grad am Himmel beschreibe, so muss die Einteilung des Kreises in 360 Grade sehr alt sein. — 2296 wird vom ersten Kometen, — 1768 von Meteorenschwärmen berichtet. Um — 1300 besassen die Chinesen Sternkarten und Magnetnadeln, und um —1100 hatten sie den Mondzirkel von 223 Mondumlaüfen und die Woche von 7 Tagen, auch massen sie die Schiefe der Ekliptik. Die Umlaufszeiten von Saturn, Jupiter, Mars, Venus und sogar von Merkur waren ihnen bekannt.

Indien, besonders das untere Gangestal hat sich im hohen Altertum ebenfalls durch Pflege der Himmelskunde ausgezeichnet und wahrscheinlich die Kultur der Chinesen und der Egypter vermittelt, wie man auf verschiedenen Gebieten nachweisen kann. Viele poetische Regeln zur Berechnung der Himmelserscheinungen, im Sanskrit abgefasst, harren noch der Bearbeitung.

In Babylonien oder Chaldäa missbrauchten die Priester die Astronomie zu Astrologie. Sie kannten den Mondszirkel der Chinesen und den Saros, eine grössere Periode von 600 Jahren. Sie teilten den Himmel in die Sternbilder, den Monat in 4 Wochen, den Tag in 24 Stunden. Drei ihrer beobachteten Mondsfinsternisse sind uns noch erhalten.

Die Pyramiden Egyptens, um — 3000 erbaut, genau nach den Weltgegenden gerichtet, sind ein sprechendes Zeugnis von dem hohen Alter der egytischen Himmelskunde, von welcher wir sehr wenige direkte Mitteilungen besitzen. Nach Dion Kassius bestand die älteste Woche der Egypter aus 7 Tagen, in Uebereinstimmung mit den 7 sogenannten Planeten Sonne, Mond, Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn. Die Priester, welche dieser Wissenschaft oblagen, hüllten sich in tiefes Geheimnis. Die Ueber-

schwemmungen des Nils zwangen die Egypter —238, das Sonnenjahr einzuführen. Vordem hatten sie ein Jahr von 365 Tagen; aber sie erkannten, es sei zu kurz und weiche allmälig gegen die Jahreszeiten zurück, so dass 1461 ihrer Jahre 1460 Sonnenjahre bilden, und nach Verfluss dieser langen Periode (der sothischen, von Sothis oder Sirius, Hundstern) die Sonne mit Jahresbeginn wieder mit dem Hundstern aufgehe.

8. **Die jonische Schule.** Thales kehrte um — 600 von Egypten nach seinem Geburtsort, dem jonischen Milet, zurück und gründete die jonische Schule. Er hält die Erde für eine kreisrunde Scheibe, die wie ein Schiff auf dem Ozean schwimmt, während der Himmel wie eine Glocke darüber steht. Nach seiner Meinung sinken die Gestirne ins Wasser und schwimmen an ihren Aufgangspunkt zurück. Er sagte zuerst eine Sonnenfinsternis voraus.

Sein Schüler Anaximander von Milet (— 610 bis 546) liess die Dicke der Erdscheibe bis zu $^1/_3$ ihres Durchmessers anwachsen. Die Glocke wurde zur Krystallhalbkugel, an welcher die Fixsterne hafteten und sich um die Erde bewegten wie die Theile des Hutes um unsern Kopf, und welche hinter sich noch Raum für Sonne, Mond und Planeten bot. Nach Diogenes Laërtius kannte dieser Mann den Gnonom, eine Spitzsäule auf ebenem Boden, und brauchte ihn als Sonnenuhr. (Herodot leitet den Ursprung des Gnonoms von den Babyloniern ab.)

Anaximenes von Milet, der Schüler des Vorigen, (um — 550) verminderte die Dicke des Erdtellers, welcher nach seiner Ansicht das Wasser trug; selbst aber von der Luft getragen wurde.

Sein Schüler Anaxagoras von dem jonischen Klazomenä (— 500 bis 428), ein reicher und weitgereister Mann, beschäftigte sich vorzüglich mit der in der Natur herrschenden Zweckmässigkeit und Ordnung.

Xenophanes, ein eleatischer Philosoph, gab der Erde die Gestalt einer Kesselpauke und erweiterte den Himmel zur vollen Krystallsphäre.

Thales suchte das Prinzip des Seienden im Wasser, das als feuchtes Element Leben und Wachstum erzeuge. Anaximander glaubte an einen Urstoff, aus dem erst die 4 damaligen Elemente hervorgegangen seien. Anaximenes bezeichnete als Urstoff die Luft, welche den Erdkreis umgebe und dessen Lebenstätigkeit bewirke.

9. Die Pythagoräer. Pythagoras (— 569 bis 500) in Tyrus geboren, wo seine sonst auf Samos ansässigen Eltern in Handelsgeschäften sich aufhielten, war zuerst ein Schüler des Thales. Dieser riet ihm, nach Egypten zu reisen, und sich in die Geheimnisse der Priester einweihen zu lassen. Er ging nicht nur an die Ufer des Nils, sondern auch an diejenigen des Ganges, wo er sich mit den Braminen besprach. Später gründete er eine Schule in Kroton (Unteritalien).

Als Mathematiker hat er neben Thales in der Planimetrie viel geleistet. Als Philosoph war ihm das Prinzip alles Seienden weder ein materielles noch ein geistiges, sondern ein von der Materie abstrahirtes, es lag in den Gesetzen der Zahl und Form. Die Zahl zehn stand bei ihm in besonderm Ansehen.

Pythagoras nimmt die Erde als ringsum bewohnte Kugel an. Im Weitern gibt er ihr eine doppelte Bewegung, um ihre Achse und um das Weltfeuer. Den Planeten und Kometen weist er ebenfalls eine Bewegung um das Weltfeuer an.

Einer der berühmtesten Pythagoräer, Philolaus, von Kroton oder Tarent gebürtig, der gegen das Ende des 5. Jahrhunderts in Theben lehrte, begründet das System so: Dem vornehmsten Dinge gebührt die vornehmste Stelle; deshalb gehört das Feuer in die Mitte, weil es vorzüglicher ist als die Erde. Um das Weltfeuer bewegen sich im Reigen zehn göttliche Körper: der Fixsternhimmel, die fünf Planeten in immer engern Bahnen, dann die Sonne, der Mond, die Erde und die Gegenerde. Die Sonne ist eine glasartige Scheibe, welche Licht und Wärme vom Weltfeuer auffängt und der Erde durch Rückstrahlung zusendet.

Wie man sieht, nähert sich diese Anschauung über das Weltengetriebe den jetzigen Ansichten. Hier treffen wir zum ersten Mal einen natürlichen Grund für die Anordnung und Bewegung der Gestirne.

10. Die spätern griechischen Naturphilosophen. Im Anschluss an die Pythagoräer gingen die eleatischen Philosophen Xenophanes, Parmenides, Zeno u. A. in der Abstraktion noch weiter, indem sie zum Prinzip alles Seienden das reine, nur denkbare Sein erhoben.

Im Gegensatz dazu machte Heraklit aus Ephesus (— 500) das Werden zum Urgrund alles Vorhandenen, indem er in der

Natur nichts Seiendes, sondern nur einen ewigen Wechsel anerkannte. Den Gegensatz von Sein und Werden suchte Empedoklos aus Agrigent (um — 440) auszugleichen, indem er die 4 Elemente als die Urstoffe alles Seienden und den Wechsel in den Naturerscheinungen durch eine trennende und eine vereinigende Kraft erklärte. Diese mechanische Weltanschauung erreichte ihren Höhepunkt in der Atomenlehre des Leukipp und Demokrit. Beide erkannten in reinen und unteilbaren Teilen, den sogenannten Atomen, das Prinzip des Seienden und in einer vorherbestimmten rein mechanischen Zusammensetzung der Atome den Wechsel des Daseins. Doch genügte diese Zusammensetzung nicht, um die in der Natur herrschende Zweckmässigkeit und Ordnung zu erklären. Mit der Beantwortung der Frage: Welches ist das Prinzip dieser Zweckmässigkeit? gelangt die griechische Naturphilosophie zu ihrem Abschluss. Das geschieht durch Anaxagoras, welcher nach den Perserkriegen in die Stadt Athen kam und daselbst im Umgang mit den grössten Männern lebte, wie Perikles, Euripides, Thukydides und Sokrates. Die Zweckmässigkeit in der Natur erklärte Anaxagoras durch die Weltvernunft. Damit kam die Meinung obenauf, dass der Grund alles Seienden weder in einem materiellen Stoffe, noch in einer physischen Kraft, noch in einer mechanischen Vereinigung beider, sondern in einem höhern geistigen Prinzip liege. Hiemit ging die Naturphilosophie über in die Geistesphilosophie.

11. Plato und Eudoxus. Plato (—429 bis —348) lebte seit seinem 20. Jahre im Umgang mit Sokrates. Beim Tode seines Lehrers (— 399) verliess er sofort Athen und ging zu Euklid nach Megara; von hier aus reiste er nach Kyrene, Egypten, Grossgriechenland und Sizilien und kehrte erst im 40. Jahr wieder nach Athen zurück, wo er unter dem Namen Akademie eine Philosophenschule gründete. Einige meinen, er habe sich zur richtigen Einsicht des Weltengetriebes emporgearbeitet, was mir aber aus den bezüglichen Stellen seiner Werke nicht genugsam einleuchtet.

Nach seiner frühern Meinung geht durch den Mittelpunkt der Erde die Weltachse, um welche 8 konzentrisch in einander geschachtelte Sphären kreisen, die äusserste für die Fixsterne, die andern 7 der Reihe nach für Saturn, Jupiter, Mars, Venus, Merkur, Sonne und Mond.

Später brachte Plato die 3 Bücher des Philolaus kaüflich an sich, machte sich mit den Ansichten der Pythagoräer vertraut und erkannte die Achsendrehung der Erde.

Eudoxus (— 409 bis 356), der Schüler Plato's, bildete nach seiner Rückkehr aus Egypten die Sphärentheorie seines Meisters weiter aus. Indem er den veränderlichen Sternen so viele Sphären gab, als er an ihnen Eigenbewegungen erkannte, vermehrte er die Sphären bis auf 27, deren Mittelpunkt aber die Erde war.

12. Aristoteles. Der schärfste Denker und einflussreichste Philosoph des griechischen Altertums und zugleich der Schöpfer der Naturwissenschaften ist Aristoteles (— 384 bis 322). Geboren zu Stagira, kam der 17jährige elternlose Jüngling zu Plato, bei dem er bis zu dessen Tode verblieb. Nach einem weitern Aufenthalt in Kleinasien wurde er — 343 der Erzieher Alexanders. Wie dieser als Welteroberer auftrat, ging Aristoteles nach Athen, wo er in den Schattengängen (Peripatoi, daher Peripatetiker) des Lykäons Unterricht gab. Als Lehrer verweilte er aber nicht so lange in Athen wie als Schüler. Nach dreizehnjähriger Wirksamkeit wurde er des Atheismus beschuldigt. Er anerkannte nämlich die der griechischen Mythologie zu Grunde liegenden Ideen; leugnete jedoch die Existenz der Götter. Er floh nach Chalkis auf Euböa, wo er bald nachher starb.

Aristoteles war ein Universalgenie. Wir besitzen nur den vierten Teil, immerhin die wichtigsten seiner Schriften. Er schrieb über Logik, Metaphysik, Psychologie, Physiognomik, Rhetorik, Poetik, Ethik, Politik, Physik, Mechanik, Mathematik, Astronomie, Naturgeschichte, Oekonomie, die Geschichte Alexanders, die Geschichte der Philosophie, Verfassungskunde u. s. w.

Die aristotelische Ethik vermischt nicht mehr die Erkenntnis mit der Ausübung der Tugend wie die sokratische und platonische, sondern erkennt, dass durch allmälige Uebung der Mensch zur Tugend gelange. Sie findet das höchste Gut in dem aus dem Wohlhandeln hervorgehenden Lustgefühl. In der aristotelischen Politik erhalten die Individualität und die Familie mehr Berechtigung als in der platonischen. Sie stellt keine ideale Staatsform auf, sondern verlangt den verschiedenen Verhältnissen entsprechende Staatsformen. In der Poetik weist Aristoteles das Wesen und den Nutzen der Kunst nach und behandelt er besonders die Tragödie.

Die aristotelische Logik untersucht die verschiedenen Gesetze des Denkens, die sich durch Bildung von Begriffen, Urteilen und Schlüssen offenbaren; sie blieb unbedingte Autorität bis auf Kant. Die aristotelische Metaphysik untersucht das Verhältnis des Idealen zum Realen. Findet Plato das Wirkliche nur in der Idealwelt, so sucht Aristoteles das Absolute in den sich verwirklichenden Ideen der realen Welt. Er unterscheidet den Stoff als etwas formlos Seiendes von der Kraft, die den Stoff in ein konkretes Sein umwandelt. Stoff und Kraft sind aber mit Rücksicht auf das Vorhandene relativ; so ist die Seele im Verhältnis zum Körper Kraft, im Verhältnis zum Geist aber Stoff. Die gesamte Schöpfung bildet so eine Stufenfolge bis zur höchsten absoluten Kraft. In der Physik zeigt Aristoteles die Stufen, welche die Natur durchläuft, bis die menschliche Seele sich als Kraft in einem Körper verwirklicht. Die Kraft der leblosen Naturkörper liegt in den Mischungsgesetzen der Stoffe, die der Pflanzen in einer ernährenden, die der Tiere in einer ernährenden und empfindenden und die der Menschen in einer ernährenden, empfindenden und erkennenden Seele.

Im Uebrigen war Aristoteles ein Anhänger der krystallenen Sphären des Eudoxus, deren er 56 annahm, und die er zu einem Mechanismus vereinigte. Er bewies die Kugelgestalt unsers Planeten durch den Erdschatten bei einer Mondsfinsternis, durch die Veränderung der Polhöhe bei grössern Reisen von Süden nach Norden, z. B. von Egypten nach Cypern. In seiner Meteorologika (I, 6) spricht er von den Kometen. Ueber den Fall sagt er unter Andern, dass es fallende, steigende und schwebende Körper gebe, (über den Himmel I, 3 und IV, 1) und dass die schweren Körper schneller fallen als die leichten und die grossen schneller als die kleinen; auch lehrte er die überall gleiche Anziehung gegen den Mittelpunkt der Erde. Aristoteles kennt auch den Einfluss des Mondes auf die Gezeiten.

Die aristotelische Philosophie hat nach Form und Inhalt einen universellen Charakter, indem sie die Wissenschaften in einfacher und klarer Prosa vorführt, das Ideale im Realen veranschaulicht und alle Gegenstände des Wissens in den Kreis der philosophischen Untersuchungen hineinzieht. Aus dem Angeführten ergibt sich, dass Aristoteles die Philosophie nicht als eine abgeschlossene systematische Wissenschaft behandelt, sondern vielmehr die ein-

zelnen Wissenschaften als selbständige Gebiete bearbeitet. Er befolgt die analytische oder empirische Methode im Gegensatze zu seinem Lehrer Plato, welcher den synthetischen Weg einschlug.

Mit wunderbarem Geschick machte sich Aristoteles alle Einzelnheiten der damaligen Wissensgebiete zu eigen, tauschte er überall das Unhaltbare gegen bessere Erkenntnis aus, erweiterte er den Kreis des Wissens dermassen, dass er auf dem Gebiete der Natur und der Philosophie eine unbedingte Autorität verblieb bis ans Ende des Mittelalters.

Einen Abglanz dieses wunderbaren Mannes hat man in Alexander dem Grossen, der nur 4 Jahre zu den Füssen des Stagiriten gesessen war, dann die damals bekannte Welt im Siegeszug durchschritt, die abgelebten Reiche vernichtete, die attische Bildung nach allen Seiten hin verpflanzte, die nach ihm benannte Weltstadt gründete, welche so viele Jahrhunderte der Sitz der Wissenschaften und des Handels verblieb.

Zum Schlusse über Aristoteles seien noch erwähnt sein Grundsatz in der Naturforschung und das Wesentliche über seine Kometentheorie.

Ersterer lautet: Man muss der Wahrnehmung mehr trauen als der Vermutung.

Letztere beruht auf der Ansicht von 3 verschiedenen Luftregionen der Erde. Die unterste, in welcher wir uns befinden und welche wir einatmen, ist uns am besten bekannt; sie ist an die Erde gebunden und kann sich nicht von ihr entfernen. Die zweite ist sehr kalt, wird nicht von Geschöpfen besucht; ist aber wie die erste an die Unbeweglichkeit der Erde gebunden. (Aristoteles sieht von der Achsendrehung der Erde ab.) Die dritte Luftregion, wegen der Nähe der feurigen Region weniger kalt, nimmt an der allgemeinen Bewegung des Primum mobile, der täglichen Umdrehung des Himmels Teil, was einen wesentlichen Unterschied mit den beiden übrigen ausmacht. Fortwährend steigen Dünste von der Erde auf. Sind dieselben heiss und trocken, so können sie bis in die oberste Region gelangen, wo der rasche Umschwung sie ergreift und fortreisst, wodurch sie leicht zusammengeballt und verdichtet werden. Diese Massen geraten durch die rasche Bewegung vielleicht auch durch die Nähe der Feuerregion oder durch die Wirkung der Sonne und der übrigen Gestirne in Brand und werden auf der Erde als Kometen sichtbar.

Aehnliche Dünste vereinigen sich fortwährend mit dem Kometen, unterhalten und verstärken das Feuer. Endlich wird die Erde erschöpft und ausgesogen. Wie der Komet keine neue Nahrung mehr erhält, erlischt er allmälig.

In Meteorologika I, 6 spricht Aristoteles von einigen Kometen.

13. Das Museum in Alexandrien. Die Ptolemäer eröffneten in Egypten ein goldenes Zeitalter. Ptolemäus I Lagi oder Soter (— 323 bis 283) regierte klug und besonnen; Ptolemäus II Philadelphus (— 283 bis 246) beförderte den Handel durch neue Strassen, Kanäle und Städte. Ptolemäus III Euergetes (d. h. Wohltäter, besonders der egyptischen Priester) begünstigte den Karavanenhandel nach dem Innern Afrika's durch Erweiterung seiner Herrschaft bis an die Mondgebirge. — Mit der grössten Freigebigkeit bedachten diese 3 Ptolemäer die Bibliothek (sie enthielt in Hunderttausenden von Handschriften die damalige Wissenschaft) und unterstützten sie Künstler und Gelehrte. Dadurch wurde Alexandrien der Mittelpunkt der geistigen Kultur, während es derjenige der materiellen Kultur um so sicherer verblieb. Doch allmälig versank das Volk in die drückendste Armut, während am Hofe der grösste Luxus, die unsinnigste Verschwendung und die raffinirteste Unsittlichkeit herrschte. Ptolemäus IV Philopator (— 221 bis 204) hatte den Beinamen Tryphon oder Schwelger. So kam das Land in Verfall und nahm das Herrschergeschlecht ein schreckliches Ende mit der Ermordung Ptolemäus VII Physkon's (— 116).

Im Museum zu Alexandrien treffen wir ums Jahr — 300 Euklid, welcher in 14 Büchern die Arithmetik, Planimetrie und Stereometrie ausarbeitete; ferner Archimed von Syrakus (— 287 bis 212), er berechnete π und fand das Verhältnis zwischen Zylinder, Kugel und Kegel vom gleichen Durchmesser. In der Mechanik und Technik leistete er für Bau und Belagerungskunst Unglaubliches, er bestimmte das spezifische Gewicht und verfertigte ein Planetarium. Er lehrte, dass auch die Meeresoberfläche der allgemeinen Kugelgestalt der Erde sich anpassen müsse. Sein Schüler, Apollonius von Perge in Pamphylien, lebte in Pergamus und Alexandrien. Dieser begründete (um — 240) die Theorie der Kegelschnitte. Er erklärte die recht- und rücklaüfige Bewegung der Planeten durch die Epicykel. Der Planet sollte nämlich nicht

unmittelbar um die Erde einen grössern Kreis beschreiben, sondern um einen gedachten Kreis einen kleinern, so dass dessen Mittelpunkt auf den Umfang des grössern Kreises gleichförmig fortgleite.

Die ersten alexandrinischen Astronomen waren Aristillus und Tymocharis. Sie bestimmten die Orte der Fixsterne am Himmel. Eine Sternbedeckung durch den Mond, welche Tymocharis — 294 beobachtete, ist uns noch erhalten worden.

Aristarch von Samos glaubte an die Achsendrehung der Erde. Indem er die Sonnenparallachse im Augenblick des Mondviertels zu bestimmen trachtete, berechnete er (um — 260) den Abstand der Erde von der Sonne.

Eratosthenes (— 276 bis 194), Vorsteher des Museums unter Ptolemäus Euergetes, unternahm die erste Gradmessung zwischen Syene und Alexandrien; er mass auch die Schiefe der Ekliptik und verfertigte eine Landkarte.

Hipparch von Nicäa, der im 2. Jahrhundert vor unserer Zeitrechnung in Rhodus und Alexandrien lebte, ist der grösste Astronom des Altertums. Er begründete die ebene und die sphärische Trigonometrie. Er berechnete die Sonnen- und Mondfinsternisse, fand das Sonnenjahr annähernd zu 365 Tagen, 5 Stunden, 55 Minuten und 12 Sekunden, machte ein Sternverzeichnis und entdeckte damit das Vorrücken der Tag- und Nachtgleichen. Auch erkannte er die jährliche Ungleichheit des Sonnenlaufes. Die Exzentrizität fand er $^1/_{24}$ des Halbmessers der Sonnenbahn, die Jahreszeiten von folgender Länge: Frühling $94^1/_2$, Sommer $92^1/_2$, Herbst 88, Winter 90 Tage. Er verzeichnete die Sternbilder auf dem Globus und berechnete die Länge und Breite verschiedener irdischer Orte auf astronomischem Wege. Die Beobachtung, dass die Sonnenfinsternisse nicht überall gleich lang andauern, führte ihn auf die Mondparallachse; er bestimmte den Abstand des Mondes von der Erde zu 62 bis $72^1/_2$ Erdhalbmessern (anstatt 57 bis $63^1/_2$).

14. Einfluss der römischen Weltherrschaft. Mit der Besiegung durch die Mazedonier (— 338) wurde der geistige Fortschritt der Griechen gehemmt, mit der Unterwerfung durch die Römer (um — 150) vollständig erstickt. Freilich war griechische Kunst und Wissenschaft ein Sauerteig, der unter Alexander dem Grossen den Orient durchdrang, der den Römern neues Leben und ungeahnten

Glanz verlieh, und allen geistigen Gebieten ihres Weltreiches eine wunderbare Einheit und Grossartigkeit aufprägte. Während aber die einzelnen Gattungen der Literatur und der Kunst im goldenen Zeitalter des Augustus in neuer, schöner Auflage auf dem römischen Boden erschienen, konnte die selbständige Naturforschung nicht recht aufkommen.

Wohl sagte Sulpicius eine Sonnenfinsternis voraus, als Paulus Aemilius gegen König Perseus im Felde lag und verhalf zu dem Sieg bei Pydna, weil die Feinde bei dem unerwarteten Ereignis in Schrecken und Mutlosigkeit verfielen. Aber der egyptische Astronom Sosigenes musste zugezogen werden und — 44 die Kalenderverbesserung vorschlagen, welche Julius Cäsar durchführte. Strabo aus Kappadozien (†24) bereiste Syrien, Phönizien, Egypten, Griechenland, Mazedonien und Italien und gab in 17 Büchern die erste Erdkunde heraus. Er kennt die tägliche und monatliche Periode der Gezeiten. Tacitus (ungefähr 51 bis 134) spricht in seinen Annalen (I, 70) von der jährlichen Periode, nämlich der grössern Aequinoktialflut.

Wahrhaft genial spricht im ersten Jahrhundert unserer Zeitrechnung der Naturphilosoph Seneca über die Kometen (nach Prof. Dr. W. Valentiner, Das Wissen der Gegenwart: Kometen und Meteore): Ich kann mich nicht überzeugen, dass der Komet ein vor kurzem ausgebrochenes Feuer sei; er ist gewiss ein bleibendes Werk der Natur. Was sich in der Luft erzeugt, hat keine Dauer; denn sein Element ändert sich unaufhörlich. Wie könnte beständig sein, was aus und in der Luft gebildet ist? Feurige Meteore, die wir in der Luft sehen, ziehen gradlinig fort, die Kometen, mindestens die beiden zu unserer Zeit erschienenen (wie die frühern sich verhielten, weiss ich nicht) folgen der allgemeinen, nur den Gestirnen eigenen Kreisbewegung. Was dem Zufall sein Entstehen verdankt, die Meteore, der Blitz, die Sternschnuppen, vergeht so schnell, wie es kommt. Wäre der Komet durch irgend eine vorübergehende Ursache ein Feuer, müsste sich dann nicht seine Grösse und Gestalt in jedem Augenblick ändern? Er nimmt seinen Platz unter den übrigen Gestirnen ein, er hört nicht auf zu sein, sondern er vollführt seinen Lauf; verschwindet er uns, so ist er nicht erloschen, er hat sich nur weiter entfernt. Man wird mir vielleicht einwenden, dass, wenn die Kometen zu den Wandelsternen gehörten, sie sich innerhalb des Tierkreises halten müssten.

Allein, wer hat dem Tierkreis die Grenzen gesetzt und wer will die Werke Gottes beschränken? Die Planeten haben auch nicht alle denselben Lauf; warum soll es nicht noch andere Wandelsterne geben, die einen noch ganz verschiedenen Lauf haben? Sollen die grossen Räume ausserhalb des Tierkreises ohne Leben und Bewegung sein? Der Grösse des Universums ist es weit angemessener, dass sich überall im Raume Bahnen befinden, als dass unter so vielen, welche den nächtlichen Himmel schmücken, fünf Sternen (Merkur, Venus, Mars, Jupiter, Saturn) das alleinige Vorrecht der Bewegung innerhalb eng beschränkter Grenzen gewährt sei. Aber, fragt man mich weiter, warum kann man dann den Lauf der Kometen nicht wie den der Planeten bestimmen? Aber wie viele Wahrheiten sind uns denn erschlossen? Niemand wird das Dasein der eigenen Seele leugnen und demnach wird Niemand behaupten, das Wesen der Seele erklären oder den Ort des Körpers angeben zu können, wo sie sich befinde. Wenn nun so der Mensch sich selbst nicht genau kennt, ist es zu verwundern, wenn er von den Dingen ausser ihm noch weniger weiss? Wundern wir uns also nicht länger, dass die Gesetze über die Bewegung der Kometen noch nicht erforscht sind; diese erscheinen so selten, ihre Rückkehr lässt sich so lange Zeit erwarten, dass es für uns, die wir uns kaum rühmen können, die Ursachen der Finsternisse erforscht zu haben, unmöglich ist, eine genaue Kenntnis der Kometen zu besitzen, die aus so unermesslichen Fernen zu uns herniedersteigen. Der Tag wird anbrechen, wo eine beharrliche Forschung dahin gelangt sein wird, die Wahrheiten zu entschleiern, die uns jetzt noch verborgen sind. Das Leben Eines Menschen, und wenn er es ganz und gar der Betrachtung des Himmels widmete, ist viel zu kurz für diese tiefen Untersuchungen. Wie viel mehr noch muss es unzureichend sein bei uns, die wir eine so ungleiche Lebensdauer und so verschiedene Beschäftigungen haben. Die Folge der Jahrhunderte wird alles offenbaren und eine Zeit wird erscheinen, wo unsere Nachkommen sich wundern werden, wie so klare, so einfache, so natürliche Gesetze uns verborgen bleiben konnten!

15. Plinius. Plinius der Aeltere oder der Naturforscher (23 bis 79) benutzte die Musse seiner Amtsgeschäfte für Wissenschaft und Kunst. In ihm haben wir einen Kenner des griechi-

schen Altertums. Ihm verdanken wir die „Historia naturalis“, ein Sammelwerk in 37 Büchern, eine Uebersicht der damaligen Kenntnisse in Naturgeschichte, Geographie, Astronomie u. s. w. verwoben mit historischen Thatsachen und philosophischen Ideen. Dieses Werk ist um so wertvoller, da es aus mehr als 2000 meist griechischen Schriften geschöpft hat, die jetzt grösstenteils nicht mehr vorhanden sind. Bei ihm finden wir eine Menge Angaben über den Stufengang der Naturforschung. Deswegen mehrere Beispiele.

Hist. nat. II. 6 sagt uns Plinius, dass Anaximander von Milet in der 58. Olympiade (um — 544) die Schiefe der Ekliptik erkannt und das Verständnis eröffnet habe.

Im gleichen Abschnitt fährt er fort: Der Saturn ist der oberste Planet, der ganz gewiss sich am wenigsten bewegt, den grössten Kreis beschreibt und im 30. Jahre an seinen frühern Ort zurückkehrt. Aber der Gang aller Wandelsterne und mit ihnen der Gang der Sonne und des Mondes ist dem Sternenlauf entgegen, nämlich links, während dieser immer rechtlaüfig ist . . . Saturn ist aber von Natur kalt und starr, um vieles ist der Kreis Jupiters niedriger, so dass er ihn mit schnellerer Bewegung in 12 Jahren durchlaufen kann. Der dritte, der wegen der Sonnennähe feurige und brennende Mars, dreht sich einmal in beinahe 2 Jahren . . . Dann kommt der Lauf der Sonne in 365¼ Tagen . . . Innerhalb der Sonne geht der grosse Stern Venus . . . Wenn er ihr voraus-eilt und vor der Morgenstunde aufgeht, damit die Sonne den Tag beschleunigt, so erhält er den Namen Lucifer (Morgenstern); wenn er dagegen nach Sonnenuntergang glänzt, wird er Vesper (Abendstern) genannt. Pythagoras von Samos hat zuerst dessen Natur erkannt, um die 32. Olympiade oder im 113. Jahre Roms. An Grösse steht er über alle andern Sterne; seine Helligkeit ist so gross, dass die Strahlen dieses einzigen Sternes Schatten geben. . . . In ähnlichem Verhältnis, aber keineswegs an Grösse oder Stärke gleich, kommt ihm zunächst der Merkur, der einen engern Kreis beschreibt, bald vor Sonnenaufgang, bald nach Sonnenuntergang leuchtet, und von der Sonne nie mehr als 23 Grade abstehen kann, wie Timäus und Sosigenes lehren. . . . Aber die Bewunderung Aller erwirbt sich der neuste und der Erde vertrauteste Stern, welcher von der Natur als Heilmittel gegen die Finsternis der Nacht erfunden wurde, der vielgestaltige Mond. . . .

Hist. nat. II, 7. Daraus wird offenbar, dass die Sonne beim Dazwischentreten des Mondes verfinstert wird und der Mond durch das Verdecken von Seite der Erde: sie lösen sich nämlich ab, der Mond raubt durch das Dazwischentreten der Erde die Sonnenstrahlen und die Erde dem Mond. . . . Die Nacht ist nichts anderes als der Erdschatten. . . . Dieser Schatten verfinstert keinen andern Wandelstern; denn der Schatten verliert sich im Raume, wie hoch fliegende Vögel zeigen.

Hist. nat. II, 19. Viele haben es auch versucht, den Abstand der Sterne ausfindig zu machen. Sie fanden den Abstand vom Mond zur Sonne 21 mal grösser als denjenigen von der Erde zum Mond. Aber Pythagoras, ein geistreicher Mann, schloss auf einen Mondabstand der Erde von 126000 Stadien und auf einen doppelten Sonnenabstand der Erde und auf einen dreifachen Abstand der Erde von den 12 Zeichen, welcher Meinung auch unser Sulpitius Gallus war.

In Hist. nat. II, 20 kommt die musikalische Harmonie in der Entfernung der Planeten von einander, wie es die Pythagoräer lehrten. Hist. nat. II, 21: Das Stadium beträgt 125 unserer Schritte oder 625 Fuss. Nach Posidonius erreicht die Erde keine geringere Höhe als 40 Stadien, in welcher die Wolken, die Winde und die Dünste erscheinen. Darüber hinaus ist die Luft rein, flüssig und von ungetrübtem Lichte. Aber von der getrübten Region bis zum Mond sind 2,000,000 Stadien oder 250,000 Meilen. Von hier bis zur Sonne 100,500,000 Stadien oder 12,562,500 römische Meilen.

Hist. nat. II, 55. Es ist sicher, dass Blitz und Donner mit einander stattfinden; aber man bemerkt den erstern vor dem letztern. Das ist gar kein Wunder; denn das Licht ist schneller als der Schall.

Hist. nat. II, 65. Gross war der Kampf in den Schriften und die Menge war dagegen, dass auf allen Seiten der Erde Menschen wohnen sollten, die einander die Füsse zukehren, während sie ihren Scheitelpunkt am Himmel haben und gleicherweise an allen Seiten dem Mittelpunkt zugewendet seien. Die Menge fragte, warum die Gegenfüssler nicht herunterfallen; sowie kein Grund vorhanden sei, wenn jene sich wundern, dass wir nicht fallen. Dazwischen machte sich die Meinung geltend, obgleich bei der ungefügen, wahrscheinlich regellosen und ungleichen Kugel,

wenn sie auch die Gestalt einer Zirbelnuss oder eines Tannzapfens habe, so werde die Erde nichts destoweniger nach allen Seiten hin bewohnt. Aber wenn das zutrifft, so entsteht ein neues Wunder, wenn sie selbst herunterhängt und nicht mit uns herunterfällt, oder dann ist es zu bezweifeln, wie wir einzig mit des Hauches Kraft in der Welt zurückgehalten werden: oder die Erde kann fallen, auch wenn die Natur sich dem widersetzt; so wie sie aber fällt, so verwehrt es die Natur. Denn wie der Sitz des Feuers nur im Feuer selbst, derjenige des Wassers nur im Wasser und derjenige des Hauches nur im Hauche ist: so hat die Erde mit allen ihren Banden nur in sich selbst Halt. Es ist ein Wunder, dass der Erdball so gehalten wird mit der ebenen Oberfläche des Meeres und der Länder. . . . Das ist auch der Grund, warum bisweilen das Land von den Schiffen aus nicht erblickt wird; aber von den Masten aus: und dass bei einem in die Ferne ziehenden Schiffe, bei dem man eine Leuchte auf den Mastengipfel befestigt hat, dieselbe allmälig heruntersinkt und zu allerletzt verschwindet.

Hist. nat. II, 72. Darum sehen die östlichen Bewohner die abendlichen Sonnen- und Mondsfinsternisse nicht, und die nach Abend liegenden Bewohner die am Morgen stattfindenden Finsternisse nicht; die mittäglichen Finsternisse dagegen öfter. Bei dem berühmten Siege Alexanders des Grossen in Arabien (Arbela) wurde der Mond in der zweiten Stunde der Nacht verfinstert und in Sizilien beim Aufgang.

Hist. nat. II, 74. Nicht überall sind dieselben Sonnenuhren im Gebrauch, in 300 Stadien oder um am weitesten zu gehen in 500, verändern sie sich selbst mit dem Sonnenschatten. So macht der mittägliche Schatten der Mittelsaüle, welche man Gnomon nennt, in Egypten zur Zeit der Nachtgleiche wenig über die Hälfte der Gnomonlänge. In der Stadt Rom fehlt dem Schatten der 9. Teil des Gnomons. In der Gegend Italiens, welche Venetien genannt wird, ist zu denselben Stunden der Schatten dem Gnomon gleich.

Hist. nat. II, 75. Auf gleiche Weise heisst es von der Stadt Syene, welche 5000 Stadien oberhalb Alexandrien ist, dass daselbst zu Mittag der Sommersonnenwende gar kein Schatten geworfen werde, und dass eine Zysterne, wie die Erfahrung bestätige, ganz erhellt werde.

Hist. nat. II, 77. So geschieht es, dass bei dem verschiedenen Wachstum des Lichtes der längste Tag in Meroe $12^{8}/_{9}$ Aequinoktialstunden beträgt; in Alexandrien 14 Stunden, in Italien 15, in Britannien 17. . . . Nach Pytheas von Massilien soll auf der Insel Thule (Island), 6 Seetagreisen nördlich von Britannien, zur Sommersonnenwende 6 Monate lang derselbe Tag andauern.

Hist. nat. II, 99. Und über die Natur der Gewässer ist Vieles mitgeteilt worden: aber in den Gezeiten fallen und steigen die Wasser des Meeres zum grössten Wunder: zwar auf viele Arten, aber der Grund liegt in Sonne und Mond. Zweimal steigen sie zwischen 2 Aufgängen des Mondes und zweimal fallen sie wieder, stets innerhalb 24 Stunden.

(Nach Plutarch hat der obengenannte Pytheas von Massilien (um —350) den Grund der Gezeiten in der Sonne gesucht.) In der vorliegenden Nummer sagt Plinius, Pytheas berichte, dass in Britannien die Gezeiten bis über 80 Ellen oder 120 Fuss betragen.

In Hist. nat. II, 68 redet Plinius auch von den beiden aüssersten Zonen, ihrer schädlichen Kälte, dem ewigen Eis, der langen Finsternis und in II, 100, wie aus dem schwarzen Meer das Wasser in das Mittelmeer sich ergiesse und niemals umgekehrt, in II, 106, dass dem Meer*e* nur süsses, ohne Zweifel leichteres Wasser zugeführt werde, dass das Regenwasser für die Salinen nützlicher sei als des andere; denn man könne kein Salz machen, ohne es mit Süsswasser zu vermischen; dass das Seewasser schwerer gefriere und leichter sich erwärme; dass im Winter das Meer wärmer sei und im Herbst salziger; dass es mit Oel beruhigt oder gestillt werden könne.

Hist. nat. II, 112. Aber diesen ganzen Umkreis der Erde hat Eratosthenes (von Cyrene), ein in den Wissenschaften vor allen andern scharfsinniger Mann, welcher allgemein anerkannt wurde, zu 252,000 Stadien angegeben, was 31,500 römische Meilen ausmacht. Ein mangelhafter Versuch, der aber mit so feiner Schlussfolgerung ausgeführt wurde, dass man sich nicht zu schämen braucht, sie zu glauben. Hipparch, sowohl bei der darauf bezüglichen Verbesserung als in jeder übrigen Genauigkeit bewunderungswert, hat etwas weniger als 25,000 Stadien hinzugefügt.

Endlich noch die wesentlichsten Mitteilungen dieses Naturforschers über die Kometen. Hist. nat. II, 22 handelt über die

Gestalt und die Zeitdauer der Kometen. In ersterer Hinsicht unterscheidet Plinius 12 Arten Kometen. 1) Eigentliche Kometen, den blutroten Schweif nach oben gerichtet, 2) bartförmige, den vorhergehenden ähnlich, welche den Schweif nach unten richten; 3) wurfspiessartige, ihrem Erscheinen folgt die Wirkung sofort nach (einen solchen besang Kaiser Titus); 4) degenförmige, kürzer und spitzig, mit bleichem, mattem Aussehen; 5) scheibenförmige, von gelblicher Farbe, von deren Rändern einige wenige Strahlen ausgehen; 6) tonnenförmige; 7) doppelhörnige (wie — 480, da die Griechen bei Salamis schlugen); 8) flammen- oder fackelförmige; 9) mähnenförmige, wenn sich ein Pferd möglichst schnell um sich selbst dreht; 10) mähnenförmige, silberweiss glänzend, dass man den Anblick kaum ertragen kann, gleichsam das Bild eines Gottes in Menschengestalt; 11) borstige oder stachlige, von einer Wolke umgeben; 12) einmal einen lanzenförmigen im 398. Jahre Roms.

Der kürzeste Komet war 7 Tage sichtbar, der längste 80 Tage.

16. Klaudius Ptolemäus. Dieser Mann, von Geburt ein Egypter, lebte in der ersten Hälfte des zweiten Jahrhunderts nach Christus zu Alexandrien unter der Regierung Hadrians und Mark Aurels. Er widmete sich der Geographie, der Chronologie, der Optik, der Musik und besonders der Astronomie. Er erfand das Triquetrum, einen Kreissektor, womit er die Mond- und Sonnenparallachse bestimmte. Erstere gelang ihm sehr gut. Hipparch hatte die Anomalie oder Exzentrizität des Mondes gefunden, Ptolemäus entdeckte die Evektion oder Verlangsamung des Mondlaufes in Neu- und Vollmond. Die Planetenbewegungen erklärte er durch Sphären, den exzentrischen Kreis und die Epicykeln. Er liess z. B. den Mond in einem anomalistischen Monat einen Epicykel beschreiben, das Zentrum des letztern in einem deferirenden Kreis um die Erde gehen und traf weiter die Anordnung, dass der deferirende Kreis von der Ekliptik um die Neigung der Mondbahn abstand. Er leitete scharfsinnig ab, dass wenn der Radius des deferirenden Kreises 60 Teile enthalte, derjenige des Epicykels $5^{13}/_{60}$ betragen müsse. Dadurch wurde die Exzentrizität ersetzt. Ptolemäus führte die Verlassenschaft des grossen Meisters Hipparch weiter, indem er das damalige astronomische Wissen zu einem System vereinigte, das 14 Jahrhunderte lang Geltung hatte. Sein Werk

besteht aus 13 Büchern und trägt den griechischen Titel Syntaxis, wurde aber später von den Arabern Almagest genannt.

Nach demselben steht die Erde im Mittelpunkt von 11 konzentrischen Krystallsphären, in welchem die Weltkörper in folgender Ordnung angebracht sind: Mond, Merkur, Venus, Sonne, Mars, Jupiter und Saturn, an der achten Sphäre sassen die Fixsterne; eine 9. und 10. brauchte er für die Präzession; die 11. hiess Primum mobile, sie führte alle andern gemeinschaftlich von Osten gegen Westen.

Neben dem ptolemäischen System besteht noch ein sogenanntes egyptisches, nach welchem Merkur und Venus wie Monde um die Sonne laufen und mit dieser um die Erde.

Die Entfernung der Planeten bestimmte Ptolemäus nach der Länge der Umlaufszeit; der Mond ist der Erde zunächst, da er nur einen Monat, Saturn am entferntesten, da er 29 Jahre braucht zur Vollendung eines Umlaufes. Einige, z. B. Plato im Timäus, setzen Venus und Merkur jenseits der Sonne.

Nach Klaudius Ptolemäus ist die Schattenlinie in Britannien ungefähr $1^1/_2$ mal so lang als der Gnomon oder Stab und darnach berechnete er die geographische Breite. Orte, an denen die Schatten desselben Stabes am Mittag der Aequinoktien gleich lang waren, hatten gleiche Breite oder lagen auf demselben Parallelkreise. Darnach hatte schon Hipparch bestimmt, dass Byzanz und Massilien (Konstantinopel und Marseille) gleiche Breite hätten.

Ptolemäus beschreibt 48 Sternbilder und 1022 Sterne. Von letztern gibt er die Länge, die Breite und die scheinbare Grösse (1. bis 6.) an.

Eine zweite, ebenso wichtige Schrift des Ptolemäus ist seine Geographie, die einen wesentlichen Fortschritt aufweist. Ausser Zusätzen, Bereicherungen und Verbesserungen bestimmt er darin die Lage der Orte nach Länge und Breite, die Grenzen der Länder und Provinzen und legt einen geometrischen Grund zur Verfertigung von Landkarten und zur Projektion der Erdkugel.

Kapitel 3.

Herrschaft des ptolemäischen Systems.

17. Blütezeit der muhamedanischen Astronomie. Als der Islam entstand, war er voll Lebenskraft. Im Krieg und im Frieden zeichnete er sich aus. Er war 700 Jahre lang der alleinige Träger der Wissenschaft. Mit Bewunderung nennt man Männer wie Al-Mansor, seinen Sohn Harun Al-Raschid († 808) und seinen Enkel Al-Mamun († 833). Letzterer stellte dem besiegten, byzantinischen Kaiser Michael III die Bedingung, ihm die besten griechischen Bücher zu verschaffen. Diese wurden ins Arabische übersetzt, darunter die Syntaxis des Ptolemäus (827). Sternwarten wurden errichtet zu Bagdad, Damaskus und Kairo.

Der grösste muhamedanische Astronom war um 900 Albategnius, ein Prinz aus Mesopotamien. Er beobachtete da und in Damaskus. Er fand die Drehung der Absidenlinie heraus, bestimmte dieselbe jährlich zu 21 Sekunden. Im Weitern berechnete er die Exzentrizität der Sonnenbahn und die jährliche Gleichung. Daneben seien noch erwähnt Abdul Wefa in Bagdad († 998); Ebn Junis (979—1008) ein Egypter, welcher eine Zusammenstellung der arabischen Beobachtungen ausführte; Arzachel, welcher um 1080 die Drehung der Absidenlinie nochmals berechnete und einen kleinern Wert fand.

Die aus Kleinasien vertriebenen Omejaden setzten sich in Nordafrika und Spanien fest und eröffneten ein goldenes Zeitalter. Die muhamedanische Hochschule von Cordova wurde auch von Juden und Christen besucht.

In Persien stellte 1079 Omar Chejam einen Kalender fest, der nicht nur den julianischen, sondern auch den gregorianischen übertrifft.

Die mongolischen Khane, selbst der wilde Dschingiskhan, suchten gute Astronomen zu gewinnen.

Die usbekischen Tartaren errichteten 1430 in Samarkand eine grosse Sternwarte. Der Herrscher Ulug Beigh machte eigenhändig Beobachtungen, um die ptolemäischen Tafeln zu vervollkommnen. Mit seinem Tode brach die geistige Nacht vollends über das Morgenland herein, indem das Unkraut Astrologie die Wissenschaft überwucherte.

18. Auferweckung des Abendlandes. Dass Bildung viel vermag, zeigt das Beispiel Alexanders des Grossen. Was seiner Jugend ungeachtet in den Plänen des Welteroberers sich Weises, Kühnes, Grosses zeigt, seine hohe Gesinnung, seine Verehrung für Kunst und Wissenschaft, die Sicherheit und Weisheit seiner Massregeln für das ungeheure Reich, der Scharfblick zur Auswahl seiner Feldherren und Staatsmänner ist grösstenteils das Werk seiner Erziehung. Als er in Laster und Torheit versank, zog er sich seinen frühen Tod zu. Doch die attische Bildung durchsaüerte das riesige Weltreich.

Rom hatte mit Bürgertugend begonnen, und den Weltkreis unterworfen. Es hatte sich die griechische Bildung zu eigen gemacht und war zu hoher Blüte gelangt; aber Laster und Torheit der Regenten brachten es zu Fall. Die Bildung war aüsserer Firnis geblieben, und nicht zum Herzen gedrungen.

Unscheinbar hielt das ernstsittliche Christentum seinen Einzug in die Welt. Es erlangte erst Bedeutung, als es die universellen Ideen des damaligen Weltbürgertums annahm, und sich der griechischen Sprache bediente. Dadurch gewann es manchen tüchtigen Mann, der im Jugendfeuer die unreifen Gedanken einer einseitigen, philosophisen Sekte verfochten hatte, und mit der Erfahrung des gereiften Mannes die tiefen Wahrheiten der neuen Lehre erkannte und anwandte. Das Christentum wuchs allerorts und wurde eine Weltmacht. Im Verlaufe der Zeit entstanden im christlichen Abendland zwei Gewalten, die Hierarchie und das Feudalsystem, die einander um die Oberherrschaft blutig bekämpften. Als die Kirche siegte (Kanossa 1077), sollte das Abendland sich auf abenteuerliche Weise im Morgenland erschöpfen. Da erschien die Bildung als Rettungsengel; sie sprengte die Fesseln des Mittelalters. Es sollte Licht werden.

Der Verkehr mit andern Völkern, die auf einer höhern Stufe standen, wirkte wohltätig. Ihre Bildungsansalten wurden besucht und bald auch einheimisohe errichtet. 1158 entstand die Rechtsschule in Bologna, und um dieselbe Zeit die Arzneischule in Salerno. 1206 wurde in Paris die Sorbonne als die erste Hochschule mit den 4 Fakultäten eröffnet. Ihr schlossen sich durch die Bemühungen der Hohenstaufen die Hochschulen von Padua (1221) und Neapel (1224) an. Die Schriften der alten Griechen und Römer wurden aus den arabischen Uebersetzungen wieder in die

Ursprache umgesetzt. So wurd z. B. auf Anregung des Kaisers Friedrich II (1218—1250) um 1230 der Almagest des Ptolemäus ins Lateinische übertragen.

Die Hochschulen wurden Horte der Aufklärung und des Fortschrittes; der menschliche Genius erhielt in ihnen seine Schutzengel: die Nacht des Mittelalters dämmerte allmälig auf. Man erörterte weniger mehr die Rangfolge, die Geschäfte und die Sprache der Engel, sondern wandte sich praktischern Zielen zu. Es kam ein frischer Geist über das Abendland. Die Afterwissenschaften, welche bisanhin das Scepter geführt hatten, wie Astrologie, Alchemie, Sophisterei u. s. w. traten allmälig in den Hintergrund, Wunder- und Hexenglauben wurden erschüttert, die Wahrheit erhob sich allmälig von ihrem Schlafe.

Der Aufschwung zeigte sich ausgeprägt in Spanien und Italien, welche im engen Verkehr mit der muhamedanischen Bildung standen; aber auch einigermassen in England. Alphons X von Kastilien (1223—1284) erhob Toledo zu einem Sitz der Aufklärung. Er liess von christlichen, jüdischen und muhamedanischen Gelehrten die astronomischen Tafeln herstellen, die seinen Namen tragen. Er wurde von dem verwickelten ptolemäischen Epicykel-System so unangenehm berührt, dass er dem Schöpfer der Welt mehr Einfachheit zutraute. Seine unklugen Äusserungen wurden als Gotteslästerung gedeutet; er verlor seinen Thron und starb in Armut, doch mit der Märtyrerkrone der Wahrheit. Dante (1265—1321) enthüllt in seiner „Comedia divina“ das Wissen seiner Zeit; es ist daselbst die Rede von der Magnetnadel, von den Antipoden u. s. w. Roger Baco (geboren 1214 zu Ilchester in England, gestorben 1292 oder 1294) schlug eine Kalenderverbesserung vor, machte glänzende Versuche in der Optik, wurde mehrmals, sogar bis auf 10 Jahre, eingekerkert, aber teils durch hohe Prälaten, teils durch vornehme Engländer wieder befreit. Obgleich er seine Forschungen in der Mönchskutte machte, wurde er als ein Verbündeter des Teufels bezeichnet. Andere geistliche Würdenträger machten ihm das Leben sauer, einer entzog ihm den Lehrstuhl, ein anderer verbot ihm die Herausgabe seiner Schriften.

19. Errungenschaften des 15. Jahrhunderts. Zwei Begebenheiten haben zur Verbreitung der Wissenschaften im 15. Jahrhundert mächtig beigetragen: die Erfindung der Buchdruckerkunst

durch Gutenberg (1440) und die Eroberung von Konstantinopel durch die Türken (1453). Die genannte Kunst vervielfältigte die klassischen Werke und machte dieselben zugänglicher. Nach der Eroberung der oströmischen Hauptstadt wanderten die zahlreichen Gelehrten aus, welche daselbst noch die Reste der griechischen und römischen Bildung sorgfältig gehütet hatten und bereicherten das Abendland mit ihren geistigen Schätzen. Italien wurde neuerdings der Sitz der Bildung; glänzende Höfe und reiche Städte wetteiferten mit einander in Kunst und Wissenschaft

Die beiden grössten Astronomen des 15. Jahrhunderts sind Georg Purbach (1423—1461) und sein Schüler und Mitarbeiter, Johannes Müller von Königsberg in Franken, daher Regiomontanus genannt, (1436—1476). Purbach wirkte eine Zeit lang an der Hochschule zu Wien. Er bediente sich zuerst der arabischen Ziffern, welche (mit dem zehnteiligen Stellenwert) ursprünglich von den Indiern im 8. Jahrhundert angewandt worden waren. Er verbesserte die Planetentafeln und machte ein Verzeichnis der nächstkünftigen Finsternisse. Er starb, als er nach Italien abreisen wollte, um den Originaltext des Almagest zu studiren, dessen Uebersetzung von Fehlern wimmelte. Regiomontan konnte diesen Plan ausführen und sich in Rom zum besten Kenner des Griechischen ausbilden. Er kehrte nach Wien zurück, zog später nach Nürnberg, wo ihm der reiche Patrizier Bernhard Walther eine Sternwarte einrichten liess. Diese zwei Männer erkannten die Fehler der ptolemäischen Tafeln. Regiomontan hatte eine eigene Druckerei, in welcher er seine und Purbach's Schriften herausgab, z. B. Kalender, die zumal deutsch und lateinisch abgefasst waren und bei denen die Festtage mit der seither üblichen Zinnoberfarbe hervorgehoben wurden. Er starb eines jähen Todes in Rom. Walther († 1504) setzte die astronomischen Beobachtungen fort. Von 1484 bediente er sich dazu einer Uhr. Seine Erforschung des Merkur wurde für die Folge bahnbrechend. Regiomontan hatte für die Jahre 1475—1506 Ephemeriden berechnet, welche 12 Dukaten kosteten und in ganz Europa, vorzüglich von den Seefahrern und Geographen benutzt wurden.

Die Portugiesen und Spanier hatten nämlich gelernt, mit Hülfe der Sterne den Weg auf den Meeren zu finden. Astronomisch gebildete Männer leiteten das Steuerruder und verzeichneten die Inseln und Küsten in die Karten. So kam Bartholomäus

Diaz an das Kap der guten Hoffnung (1486), entdeckte Kolumbus Amerika (1492), fand Vasco de Gama den Seeweg nach Ostindien (1498), erreichte Kabot Labrador (1498), betrat Kabral das Goldland Brasilien (1500). Aehnlich war es mit den Pionieren der damaligen Zeit, mit Amerigo Vespucci, Bilboa. Den Schluss dieser grossartigen Unternehmungen bildet die erste Weltumsegelung von dem Portugiesen Magelhaens (1519—1522).

20. Die letzten Aenderungen am ptolemäischen System. Purbach suchte die verschiedenen Ansichten der Physiker und Astronomen des Altertums in Einklang zu bringen. Während erstere nach dem Beispiel des Aristoteles annahmen, die Weltkörper haften an festen Krystallsphären, welche durch gegenseitige Berührung die Bewegung des Primum mobile bis zur innersten, der Mondsphäre fortpflanzen — fanden es die Astronomen, besonders Hipparch und Ptolemäus, mit den Veränderungen der Gestirne unverträglich. Aber weiter sprechen sie sich über diesen Punkt nicht aus. Für sie sind die Bahnen und Epicykeln blosse Linien, ohne darnach zu fragen, welche mechanische Mittel die Natur zum Weltengetriebe verwende. Diese Ansicht mundete wieder den Physikern nicht. Purbach hatte den vermittelnden Einfall, zwischen 2 konzentrischen Sphären eine Höhlung voraussetzen, in welcher der Weltkörper — wie zwischen 2 Mauern — sich nach der exzentrischen Bahn und dem Epicykel bewegen konnte. Diese Ansicht wurde günstig aufgenommen.

Hieronymus Frakastor erhöhte in seiner 1538 zu Venedig herausgegebenen Schrift „Homocentria“ die Anzahl der Sphären auf 70.

Kapitel 4.

Erkenntnis der wahren Bewegungen der Weltkörper.

21. Kopernikus. Das 13. Jahrhundert fügte zu den 3 (Nr. 18) erwähnten Universitäten noch folgende: Salamanka (1239), Oxford (1249), Cambridge und Lissabon (1290), welch letztere 1307 nach

Coimbra verlegt wurde. Das 14. Jahrhundert sah solche Anstalten aufblühen in Krakau (1343), Prag (1348), Wien (1365) und Heidelberg (1386); das 15. Jahrhundert in Würzburg (1403), Leipzig (1409), Löwen (1436), Greifswalde (1454), Freiburg im Breisgau (1456), Basel (1460), München (1472), Upsala und Tübingen (1477); und die erste Hälfte des 16. Jahrhunderts in Wittenberg (1502) und Marburg (1527).

Die klassische Bildung, der sogenannte Humanismus, gedieh im Anfang des 16. Jahrhunderts vorzüglich in Deutschland. Gelehrte, wie Johannes Reuchlin aus Pforzheim († 1521), Erasmus von Rotterdam († 1536) und Ulrich von Hutten († 1523) wetteiferten mit den berühmtesten Italienern in Kenntnis der Wissenschaften und der griechischen und lateinischen Sprache. — Begeisterte Gottesgelahrte, Luther 1517, Zwingli 1519 und Calvin 1541, suchten die Einfachheit und Sittenreinheit der Kirche wieder herzustellen und nahmen mutig den Kampf mit dem Papsttum auf, das ehedem die hochstrebenden Kaiser des Mittelalters gedemütigt and gezüchtigt hatte.

In diese Zeit fällt die Erkenntnis der wahren Bewegungen der Weltkörper durch Niklaus Kopernikus aus Thorn in Westpreussen (1473—1543). Er hatte auf der hohen Schule zu Krakau neben Theologie, der Mathematik, der Philosophie obgelegen, sich zum Doktor der Medizin emporgearbeitet und zu Bologna die Astronomie studirt. Als Kanonikus am Dome zu Frauenburg in Ostpreussen, als berühmter Arzt, als Leiter des Münzwesens und gewisser Kanalbauten, entfaltete er eine ausserordentlich allseitige Tätigkeit. Daneben benutzte er die karge Mussezeit zu astronomischen Forschungen. Die Kenntnis der Astronomie des Altertums, besonders derjenigen der Pythagoräer, die Arbeiten der nürnberger Astronomen, besonders diejenigen Walthers über den Merkur und die eigenen Beobachtungen befähigten ihn, nach mehr als dreissigjährigem Studium in den letzten Lebenstagen mit einer neuen Offenbarung über das Weltengetriebe aufzutreten.

Die Kunde von der neuen Lehre hatte sich schon lange vorher verbreitet. Im November 1536 ersuchte Niklaus Schomberg, der Kardinal von Kapua, den grossen Neuerer, sein Werk zu veröffentlichen. Dasselbe tat auch Tidemann Gysi, der Bischof von Kulm. Auf besondern Wunsch der Freunde und Kollegen, Melanchthon, Kruziger und Reinhold, reiste 1539 der wittenberger

Professor Rhetikus nach Frauenburg zu Kopernikus und richtete im Oktober dieses Jahres einen längern Auszug über die wesentlichen Punkte der neuen Lehre an den nürnberger Mathematiker Schoner. 1543 besorgte Osiander, durch Melanchton's Vermittlung, in Nürnberg die Herausgabe des Werkes *„über die Umdrehungen der Weltkörper“*. Um allfälligen Missverständnissen die Spitze zu brechen, wandte sich Kopernikus in seiner Vorrede an den damaligen Papst Paul III. Diesem erzählt er die Entstehung seines Werkes, dann verweist er auf das Sprichwort, dass es kein Mittel gegen den Biss der Verleumder gebe und berührt endlich noch die obschwebende Kalenderverbesserung.

Seine Theorie enthielt folgende Sätze:

1. Die Erde dreht sich täglich um ihre Achse;
2. sie dreht sich jährlich um die Sonne;
3. die Erdachse dreht sich langsam um den Pol der Ekliptik;
4. die Planeten haben der Erde entsprechende Bahnen um die Sonne.

So wurde der Sonne der Ehrenplatz angewiesen und das Weltengetriebe richtig gedeutet.

Für die 2 ersten Behauptungen konnte Kopernikus keine direkten Beweise vorbringen, die dritte, welche das Vorrücken der Nachtgleichen erklären sollte, war unrichtig; die vierte beruhte auf der Analogie der ersten. Diese Behauptungen verstiessen zwar gegen das ptolemäische System, welches anderthalb Jahrtausende die Alleinherrschaft geführt, ferner gegen die Wahrnehmung der Sinne und gegen die Lehren der Kirche. Aber das geistige Auge des vielerfahrnen Mannes erkannte den Zusammenhang der Weltkörper. Nachdem die Theorie zuerst kalt aufgenommen, dann eine Zeit lang den gehässigen Angriffen der Katholiken und Protestanten ausgesetzt war, wurde sie zum Gemeingut, weil sie mit dem verhältnismässig geringsten Aufwand von Kräften das himmlische Getriebe erklärt. Es war eine wichtige Stufe für die Erkenntnis der unendlichen Schöpfung erreicht.

Kopernikus sagt entzückt, indem er sich an den Wortlaut des Naturforschers Plinius (Hist. nat. II, 4) anschliesst: Mitten unter allen Planeten thront die Sonne. Wer könnte denn in diesem prächtigsten Tempel die Leuchte an einen andern oder bessern Ort hintun, als dahin, wo sie alles gleichmässig bescheinen kann? Wie sie denn nicht mit Unrecht die Leuchte, die Seele und die

Herrscherin der Welt genannt wird. Wie in der sophokleischen Elektra, der hochheilige sichtbare Gott, der Alles sieht und lenkt, Ja wahrlich so auf dem königlichen Throne sitzend regiert die Sonne die sie umkreisende Familie der Sterne.

Die kopernikanische Lehre hatte zwar noch Mängel: der Epicykel wurde beibehalten und der Kreis für die Bahn der Planeten; letztere waren entweder selbstleuchtend oder sogen Sonnenlicht ein, um es bei Nacht wieder auszustrahlen; die Fixsterne sassen an einer unbeweglichen Sphäre.

Kopernikus veröffentlichte in seinem Werke eine Sinustafel von 10 zu 10 Minuten bei einem Radius von 100,000. Rhetikus und Reinhold berechneten in der Folge die prutenischen Tafeln, welche einen wesentlichen Fortschritt ergaben und der neuen Lehre viele Anhänger gewannen. Vieta veröffentlichte 1579 in Paris die ersten vollständigen Tafeln aller trigonometrischen Linien, und zwar für jede Minute des Quadranten.

22. Das Werk „über die Umdrehungen“. Das kopernikanische Werk „de revolutionibus“ hat 6 Bücher. Das erste Buch beginnt mit der Kugelgestalt der Welt und fährt fort mit der Kugelgestalt der Erde. Kapitel 3 sagt: Mit den sie umgebenden Meeren ist die Erde keine Scheibe, wie Empedokles und Anaximenes meinen, keine Kesselpauke, nach Leukipp, kein Kahn, nach Heraklit; auch kein sonst halbhohler Körper, nach Demokrit, auch keine Walze nach Anaximander, auch kein nach unten in unendliche Dicke anwachsender Teil eines Wurzelstockes, nach Xenophanes, sondern eine volle Kugel, wie es die Philosophen annehmen. Kapitel 4 und 5 handeln von der Rundbahn der Erde und von den Anhängern dieser Ansicht, besonders von den Pythagoräern. In Kapitel 7 und 8 widerlegt Kopernikus die Meinung des Aristoteles und des Ptolemäus über die Unbeweglichkeit der Erde. Die Achsendrehung unsers Planeten verstösst nicht gegen die aristotelischen Gesetze der einfachen Bewegung, welche vom Mittelpunkt weg oder gegen den Mittelpunkt oder um den Mittelpunkt herum stattfinden muss. Auch ist der ptolemäische Einwurf nicht stichhaltig, dass die Wolken und die übrigen Gebilde des Dunstkreises bei einer allfälligen Achsendrehung der Erde sich ausschliesslich gegen Westen bewegen müssten. Kapitel 10 handelt von den Rundbahnen der Planeten um die Sonne und der

wunderbaren Schönheit und Einheit, welche die neue Lehre mit sich brachte. Kapitel 11 spricht von der dreifachen Bewegung der Erde, um die Achse, um die Sonne und durch die schiefe Ekliptik. Kapitel 12 und 13 handeln von den Sehnen, von den Seiten und Winkeln der rechtwinkligen Dreiecke, Kapitel 14 vom sphärischen Dreieck.

Das zweite Buch behandelt zuerst die Schiefe des Tierkreises, die verschiedenen Tagesbogen der Sonne nach Grösse und Lage, vom Auf- und Untergang der Sterne u. s. w.

Das dritte Buch beginnt mit der Präzession, den bezüglichen Beobachtungen der Alexandriner Timocharis, Hipparch und Ptolemäus, der Araber Albategnius und Arzahel und endlich des Verfassers. Dann fährt es fort mit der Abnahme der Schiefe des Tierkreises. Kapitel 13 bis 26 enthalten die Theorie der Sonne und viele Tafeln.

Das vierte Buch enthält in 32 Kapiteln eine wesentlich verbesserte Theorie des Mondes und verschiedene Tabellen. Die Vielseitigkeit und Gründlichkeit dieses Buches ist geradezu staunenswert. Die verschiedenen Bewegungen des Mondes, die Grösse von Sonne, Mond und Erde, die Finsternisse u. s. w. sind meisterhaft durchgeführt.

Das fünfte und sechste Buch bilden eine Theorie der Planeten und enthalten verschiedene Tafeln. Dem letztern ist noch eine Uebersicht der astronomischen Beobachtungen beigegeben, welche Kopernikus in den Jahren 1497 bis 1529 gemacht hat. Sie beziehen sich auf Mondbedeckungen der Fixsterne und der Venus, auf Mondfinsternisse, auf Beobachtungen und Oppositionen von Planeten, auf die Bestimmung der Sonnenferne und besonders auf diejenige des Frühlingsnachtgleichepunktes.

Ich kenne aus alter und neuer Zeit kein astronomisches Werk, das einen so wesentlichen Fortschritt bezeichnet, und so viel neue Wahrheiten geoffenbart hat.

23. Tycho und Kepler. Tycho de Brahe (1546—1601), ein dänischer Edelmann, bildete sich in Leipzig zum Arzt, Chemiker und Astronomen aus. Am 11. November 1572 entdeckte er in der Kassiopeja jenen wunderbaren Stern, welcher an Glanz die Venus erreichte, dann allmälig abnahm, bis er im Februar 1574 dem blossen Auge verschwand. König Friedrich II. von Däne-

mark liess dem eifrigen Astronomen die Uranienburg einrichten, woselbst dieser viele Jahre mit grosser Geschicklichkeit und Genauigkeit beobachtete. 1599 kam Tycho nach Prag in den Dienst des Kaisers Rudolf II. (1576—1612), welcher Künstler und Gelehrte unterstützte. Daselbst arbeitete er gemeinsam mit Kepler (1571—1631). Dieser hatte früher als Lehrer an der hohen Schule zu Graz gewirkt. Durch die Gunst des Kaisers widmete er sich in Prag ausschliesslich der Astronomie. Er brachte (1627) nach 24jähriger Arbeit die rudolfischen Tafeln zu Ende. Kepler konnte die kopernikanische Lehre um neue Wahrheiten bereichern, die sich auf die Bahnen der Weltkörper beziehen. Dabei stützte er sich besonders auf die von Tycho gemachten Beobachtungen über den Planeten Mars. Seine 3 Gesetze heissen:

1. Jeder Planet beschreibt eine Ellipse, in deren einem Brennpunkt die Sonne sich befindet;
2. die Leitstrahlen der Planeten beschreiben in gleichen Zeiten gleiche Flächenraüme;
3. die Quadrate der Umlaufszeiten zweier Planeten verhalten sich wie die Würfel ihres mittlern Sonnenabstandes.

Das 3. Gesetz hatte Kepler nach 17jährigem Forschen am 15. Mai 1618 gefunden. Um jene Zeit stellte er die wunderliche Ansicht auf, dass die Erde Gefühl besitze, gleichsam ein Tier sei, das man reizen und zu Leidenschaften (Stürmen und Erdbeben) entflammen könne, wenn man einen Stein in einen See oder in eine tiefe Schlucht werfe. Ebenso wunderlich war die aufgefrischte Fabel von der Weltenharmonie oder Sphärenmusik, wo Saturn und Jupiter den Bass, Mars den Tenor, Erde und Venus den Alt und Merkur den Sopran darstellten.

Zeit und Material haben es mir nicht erlaubt, die Frage zu entscheiden, ob Tycho dem kopernikanischen Planetensystem ein abweichendes entgegengestellt hat, oder ob ihm dasselbe von einem Schüler nur unterschoben worden ist. Das tychonische System stellt die Erde in den Mittelpunkt des Weltalls und lässt um sie den Mond und die Sonne kreisen, wobei letztere den Mittelpunkt für die Planetenbahnen bildet.

24. Baco, Galilei und das Experiment. Francis Baco von Verulam (1561—1620) hatte sich vom Rechtsanwalt zum Lord Grosskanzler erhoben; fiel aber später in Ungnade. Er verteidigte

den Grundsatz, dass die Naturforschung auf dem Wege des Versuches beginnen und auf dem der Induktion (Schluss) allmälig weiter gehen müsse. Damit hat er als ächter Naturphilosoph den richtigen Weg bezeichnet. Seine „Instauratio magna“ (1600) und sein „novum organon“ (1620) machten ungeheures Aufsehen, besonders weil sein Styl scharf und schneidig war. Es wird ihm der Vorwurf gemacht, dass er nicht genugsam wissenschaftlich war, indem er z. B. in der Schrift „de augmentis scientiarum“ untersucht, welche Körper durch die Schwere, welche durch die Leichtigkeit und welche durch beide zusammen bewegt werden. Allein hier steht er eben mit Aristoteles noch auf demselben Boden. Gewichtiger ist der Vorwurf, dass Baco es an Wahrhaftigkeit fehlen liess.

Galileo Galilei (1564—1642) ist ein geborner Experimentator und zugleich scharfer Mathematiker. Durch den Versuch machte er sich von Aristoteles los und stürzte die Sätze, dass die schweren Körper schneller fallen als die leichten, und dass die Geschwindigkeiten eines Körpers in verschiedenen Medien der Dichtigkeit dieser Medien umgekehrt proportional seien. Und als sich die Peripatetiker nicht begnügten mit den Versuchen, welche Galilei am schiefen Turme zu Pisa anstellte, so zog er das Gesetz vom Isochronismus der Pendelschwingungen zu Hülfe, welches er mit 19 Jahren schon entdeckt hatte, und veranschaulichte er den Fall an der schiefen Ebene. Umsonst erhoben sich die Peripatetiker Italiens gegen diese Art der Forschung, umsonst behaupteten sie, dass die Wahrheit einzig durch Vergleich der alten Texte gefunden werden könne. Galilei ging auf der glänzenden Laufbahn weiter und erfand das Aräometer oder die hydrostatische Wage und den Proportionalzirkel, verbesserte das Thermometer oder die Wärmewage und im Jahre 1638 war er mit dem Fallgesetz zu Ende gekommen. Abgesehen vom Luftwiderstand, ist die Pendelbewegung nichts anders als ein Fall der Körper auf kreisförmiger Bahn, und da gleich lange Pendel dieselben Schwingungszeiten haben, ob ihre Linsen aus Holz, Stein, Metall u. s. w. bestehen, so war damit die gleiche Fallgeschwindigkeit der verschiedenen Körper bewiesen.

Auf die Kunde von der in Holland gemachten Erfindung des Fernrohrs brachte Galilei ein Instrument eigener Art zu Stande. Damit entdeckte er die Jupitersmonde, die Lichtgestalten der

Venus, die Gebirge des Mondes und die Dreigestalt Saturns; ferner erklärte er damit die Milchstrasse als einen Schimmer zahlreicher Sterne, und die Sonnenflecken als Wolkengebilde. Auch hat er die Plejaden, Orion, Krebs u. s. w. als Sternhaufen erkannt.

Je grösser sein Erfolg, desto grösser wurde die Wut der Peripatetiker. Später führten ihn die Dominikaner und Jesuiten vor die päpstliche Inquisition, wo er die kopernikanische Lehre abschwören musste, welche er durch die Lichtgestalten der Venus und des Mars noch besonders bestätigt hatte. E pur' si muove! (und sie bewegt sich doch!) murmelte er in seinen Bart.

Vor dem Erlöschen seines Augenlichtes entdeckte Galilei noch die Libration des Mondes (1637).

Das metaphysische Gesetz: Keine Wirkung ohne Ursache, war von den frühern Naturphilosophen nur einseitig dahin gedeutet worden: Kein Körper geht ohne eine Kraft aus der Ruhe in die Bewegung über. Galilei brachte dieses Gesetz in die allseitige Form: Kein Körper verändert die Geschwindigkeit weder nach Grösse noch nach Richtung, ohne Einwirkung einer Kraft. Damit war das rechte Fundament für die Bewegungslehre gelegt.

Galilei hat seine eminenten Entdeckungen und Erfindungen hauptsächlich dem Versuche zu verdanken, dem er dann auch für die Folge zum Durchbruch verhalf.

25. Weitere Experimentatoren. Im Jahr 1643 erfand Toricelli von Florenz das Barometer oder die Luftwage. Dieser hatte von seinem Meister Galilei gehört, dass Wasser durch Saugpumpen nicht über 32 Fuss gehoben werden könne und dass hier der horror vacui aufhöre. Er liess darauf den Versuch mit Quecksilber machen, das schon in einer Höhe von 28 Zoll dem horror das Gleichgewicht hielt. Er erklärte folgerichtig den einseitigen Luftdruck als die treibende Kraft und benutzte das neue Instrument zur Messung der Veränderungen dieses Druckes.

Endlich zeigte Pascal den Zusammenhang des Barometerstandes mit der absoluten Höhe eines Ortes, und bestimmte darnach 1648 den Abstand des Puy de Dome über der Meeresfläche.

Otte von Guerike (1620—1686), Ratsherr zu Magdeburg, erfand die Luftpumpe, machte die Versuche mit den magdeburger Halbkugeln, erstellte ein Wasserbarometer mit einem Wettermännchen. Er bestimmte das Gewicht der Luft, indem er eine

hohle, gläserne Kugel mit und ohne Luft wog. Er zeigte mit verkorkten Flaschen, wie die Luft am Fusse und auf dem Gipfel eines Berges verschieden dicht sei und erstellte das Manometer. Er gilt auch als Erfinder der Elektrisirmaschine (1676); der Reiber war eine Schwefelkugel, das Reibzeug seine Hand.

Boyle beobachtete, dass das Quecksilber im Barometer fiel, wenn man die umliegende Luft verdünne; dass der Heber im luftverdünnten Raum zu fliessen aufhöre, und dass dann warmes Wasser zu sieden beginne. Er machte auch die ersten Versuche über das Verhältnis der Luft nach Druck und Volumen (1662). Doch erst der Abt Mariotte (1620—1684) kam zur vollen Ergründung des aërostatischen Gesetzes.

26. Fortschritte im Jahrhundert des kopernikanischen Systems. Die Astrologie büsste allmälig ihr Ansehen ein. Mit der üblichen Schadenfreude erzählen die Zeitgenossen, wie der berüchtigte Astrologe Cardanus sich ärgerte über misslungene Weissagungen, welche er vermittelst des Horoscopes verkündet hatte. Z. B. hatte er Eduard VI, dem König von England, die Haupterlebnisse vorhergesagt bis über das 50. Jahr hinaus. Allein dieser König, welcher vom 6. Jahre an unter der Regentschaft des Herzogs von Somerset und des Erzbischofs Cranmer auf dem Throne sass, starb 1553 im Alter von 12 Jahren.

Der Arzt Theophrastus Paracelsus, ein Zeitgenosse des Kopernikus kämpfte gegen die Sterndeuterei mit den Worten: Das Kind bedarf keines Gestirns oder Planeten; seine Mutter ist sein Planet und sein Stern.

Als 1606 die obern Planeten in Konjunktion waren und sogar ein neuer Stern daselbst auftauchte, da richteten sich alle Blicke bang nach dem seltenen Schauspiel; die Gemüter der Forscher und Laien wurden aufs aüsserste erregt. In wissenschaftlichen und politischen Kreisen war man auf die Deutung gespannt. Kepler, die höchste Autorität auf diesem Gebiete, musste sein Stillschweigen brechen. Er trat den Astrologen entgegen und verwies auf die unwandelbaren Gesetze des kopernikanischen Systems.

Im Fernern war es von hoher Bedeutung, dass 1472 Regiomontan und Walther einen Kometen beobachten konnten. — Plinius hielt die Kometen (Histor. nat. II, 23) für unheilbringend; in den Bürgerkriegen, sagt er, seien Kometen erschienen. Dann verweist

er auf den Haarstern bald nach Cäsars Tode, als Augustus der Venus genetrix zu Ehren Spiele gab. Man hielt ihn für ein Zeichen, dass Cäsar unter die Götter aufgenommen sei. — Einzig Seneca hatte in jener Zeit ein klares Urteil. Das Mittelalter machte die Kometen zu Verkündigern aller Schauertaten. Als kurz nach der Eroberung Konstantinopels (1454) ein Komet erschien, da glaubten die Türken, ihnen stehe ein Kreuzzug der Christen, somit die Vernichtung bevor. Dennoch drangen sie siegreich vor. Als nun 1456 ein glänzender Haarstern am Himmel stand, befürchteten umgekehrt die Christen, er verkündige die nahe Vernichtung des Christentums. Der Papst Calixtus II. ordnete also Gebete gegen den Kometen und die Türken an. Als derselbe Komet 1531 wiederkehrte, was man übrigens erst später einsah, hatte sich die Meinung einigermassen gebessert. So sagte damals Erastus: Wollte Gott, die Kriege hätten keine andere Ursache als die durch die Kometen aufgereizte Galle der Machthaber. Ein einziger geschickter Arzt könnte dann mit einer kleinen Dosis Rhabarbar oder Rosensyrup das Glück eines ganzen Landes erhalten. Apianus beobachtete diesen Kometen gründlich und fand unter anderm, dass der Schweif der Sonne abgewandt sei, was die Chinesen übrigens schon 837 gefunden hatten. — In der Folge überzeugten sich Tycho und Kepler, dass die Kometen weiter von der Erde abstehen als der Mond, während die Alten das Gegenteil angenommen hatten. Doch über die Bahnen irrten sich beide Männer. Tycho glaubte an eine kreisförmige, Kepler an eine geradlinige Bewegung. Uebrigens haben Kepler, Longomontan, Harriot u. A. bei der noch unerkannten Wiederkehr des oben erwähnten Kometen im Jahre 1607 zahlreiche und sorgfältige Beobachtungen gemacht, woraus sich ein wesentlicher Fortschritt ergeben musste.

Die griechischen Philosophen hielten die Sternschnuppen für atmosphärische Ausscheidungen, für Anzeichen des Windes; so Aristoteles und Aratus. Auch Plinius hält die häufigen Sternschnuppen für Vorboten des Windes. (Früher hatte der Volksglaube sie in Beziehung zu den Göttern gebracht wie Iliade IV bei der Sendung der Pallas Athene). — Steinfälle werden z. B. erwähnt im Buch Josua, bei Plutarch im Leben Lysanders. Die letztere Angabe bezieht sich auf einen Eisenklumpen, welcher — 465 am Aegos Potamos in Thrazien von der Grösse eines Mühlsteines herabgefallen war. Die Araber kannten die Meteore,

hatten ihre Sage von dem schwarzen Stein der Kaaba, und ihre Beherrscher liessen sich Schwerter aus Meteoreisen bereiten. Grosses Aufsehen machte im Abendland erst der Steinfall von Ensisheim (Elsass) am 7. November 1492. Der nahe 3 Zentner schwere eisenhaltige Stein war unter Donnergetöse auf einen Acker gefallen; er wurde in der Kirche aufbewahrt. Am 4. September 1511 fielen bei Crema über 1000 Steine. Die Bewohner von Bergamo sahen das nahe Tal während einer zufälligen Sonnenfinsternis von den Blitzen erhellt, welche mit dem Steinfall verbunden waren. Im Jahr 1583 fiel im Thüringischen unter starkem Getöse ein etwa 39 Pfund schwerer Stein. Am 9. Januar 1583 sahen einige Bewohner von Castro Villari in Kalabrien bei heiterer Luft plötzlich eine fliegende Wolke, aus der unter furchtbarem Getöse ein 30 Pfund schwerer Stein zur Erde stürzte. Man sieht also auch hier, dass derartigen Erscheinungen eine erhöhte Aufmerksamkeit geschenkt wurde.

Konrad Gessner (1516—1565) beschreibt sehr ausführlich das Nordlicht v. 27. Dez. 1560. a. St.: Von Zürich und Umgebung war 2 Stunden vor Tagesanbruch ein rötliches Feuer zu sehen, im Allgemeinen zusammenhängend, wenn auch weissere Streifen zwischendurch liefen . . . bei 3 bis 4facher Länge und einfacher Breite von einem Stadium, so dass nach Norden hin ein Dorf oder mehrere in einem sehr grossen Brande zu stehen schien . . . Es blieb nicht an einer Stelle stehen, sondern bewegte sich durch viele Stadien vorwärts. Gegen den Tagesanbruch hin verschwand es allmälig, nachdem es sich zuerst zusammengezogen hatte wie zur Gestalt eines grossen Turmes . . . Dass diese Erscheinung in Zürich, Glarus, St. Gallen, Konstanz, hie und da um den Ueberlinger- und Zellersee, ebenso in Basel und sehr vielen Gegenden Rhätiens gesehen worden sei, ist bereits ausgemacht. An gewissen Stellen zwischen Zürich und Elgg sollen auch Flammen auf die Erde gefallen sein. Ein glaubwürdiger Mann habe ihm die aufmerksam beobachtete Sache erzählt. Nachdem zuerst die Nacht hell gewesen, dann gegen Morgen die Dunkelheit grösser geworden, indem der Mond unterging, habe derselbe ein Licht sich erheben sehen, als ob Strahlen von verschiedener Richtung und Farbe von der Erde ausgingen, dieselben seien bald bis an den Himmel hinaufgefahren, und dort haben sie erst die rote Farbe angenommen, wie wenn einige Wolken rot wären und einige Zeit

seien sie still gestanden, bald nachher aber sei eine Wolke mitten dadurch gegangen, und dann habe man einen feurigen Auswurf gesehen wie von einem Stern aus der feurigen Wolke.

Papst Gregor XIII. liess im Jahr 1582 auf den 4. unmittelbar den 15. Oktober folgen, wodurch die Nachtgleichen wieder mit den Jahreszeiten stimmten. Noch ist des ausgezeichneten Hülfsmittels zu gedenken, das der Astronomie aus der Erfindung des holländischen Fernrohrs erwuchs (1608, Hans Lippershey).

Hieher gehören endlich die Beobachtungen der Sonnenflecken. Vor der Erfindung des Fernrohrs konnte man die Sonne nur beobachten, indem man durch die kleine Oeffnung eines Fensterladens in ein dunkles Zimmer Sonnenstrahlen einfallen liess, welche auf einem Schirm Sonnenbildchen erzeugten. Im Dezember 1610 sah Johannes Fabricius, ein holländischer Astronom, einen Fleck von bedeutender Grösse, erkannte nach 3 Tagen seine Bewegung und kam auf die volle Umdrehungszeit. Im Juni 1611 veröffentlichte er diese Beobachtungen. Der Jesuit Scheiner in Ingolstadt entdeckte die Sonnenflecken um dieselbe Zeit; allein sein Provinzial verdeutete es ihm gehörig, dass er sich mit Dingen beschäftige, von denen im Aristoteles nichts zu lesen sei. Scheiner veröffentlichte im Januar 1612 3 pseudonyme Briefe über die Sonnenflecken an den Ratsherrn Welser in Augsburg. Er spricht von der Anzahl der Flecken, von ihrer Formveränderung, ihrer scheinbaren Bewegung auf der Sonnenscheibe, ferner vom Halbschatten, von den Fackeln und den Hülfsmitteln der Beobachtung. Er erklärt die Erscheinung durch Planeten, welche in unmittelbarer Nähe der Sonne vorkommen. Galilei nahm sich dann der Sache an. Scheiner hat auch die Lichtadern und die königliche Zone der Sonne herausgefunden.

27. **Das Rechnen.** Unter den vielen Wörtern, welche wir mit den entsprechenden Belehrungen der Blütezeit der arabischen Kultur zu verdanken haben, wie Chemie, Kali und Natron; Almanach, Zenit und Nadir, figuriren vielbedeutend auch Arithmetik, Ziffer und Algebra. Letztere wurde von Fibonacci um 1200 in Italien eingebürgert und durch Regiomontan nach Deutschland verpflanzt. Adam Riese (1492—1559) gab zur Reformationszeit eine Anleitung des bürgerlichen Rechnens heraus, deren Erinnerung jetzt noch im Munde des Volkes fortlebt. In der 2. Hälfte

des 16. Jahrhunderts kommt der Dezimalbruch dazu, welcher sich vorzüglich an die Namen Simon Stevie im Haag und Albert Girard in Leyden (1585) anschliesst. Die Anfänge der Logarithmen gehen auf Albategnius zurück. Sie bestanden in der Prostaphäresis, d. h. einem geeigneten Zu- und Abzählen anstatt Vermehrung und Teilung. Sie mussten aber wieder neu erfunden werden, weil jegliche Erinnerung daran erloschen war. Jost Bürgi (1552—1633), Astronom bei dem Landgrafen Wilhelm IV. von Hessen, war selbständig auf den Dezimalbruch gekommen und gab 1620 zu Prag eine „Progresstabul" heraus. Das war das jetzige System der Logarithmen, ohne dass dieser Name gebraucht wurde. Die gewöhnlichen Zahlen, schwarz gedruckt, wurden auf rote Exponenten mit der Grundzahl 10 bezogen, so dass die roten Zahlen in arithmetischer Progression auftraten, wenn ihre schwarzen Zahlen eine geometrische Progression bildeten. Neper (1550—1617) veröffentlichte 1614 in Edinburg eine eigentliche Logarithmentafel; ebenso Professor Henry Briggs 1624 in London. Letztere Tafel enthält bis auf 14 Dezimalen die gemeinen Logarithmen der Zahlen 1—20,000 und 90,000—100,000. Der Holländer Adrian Vlacq füllte 1628 die Lücke aus. Ursinus von Köln fügte 1624 die neperschen Logarithmen für die Sinus der Winkel von 10 zu 10 Sekunden für den Halbmesser von 10 Millionen bei.

Der obengenannte Bürgi soll auch selbständig auf die Pendeluhr und den Reduktionszirkel gekommen sein.

Kapitel 5.

Die kartesianischen Wirbel.

28. Descartes. René (Renatus) Descartes ist ein Reformator der allgemeinen und ein Förderer der Naturphilosophie. 1596 in in La Haye (Touraine) geboren, studirte er in einer Jesuitenschule zu Paris Philologie, Mathematik und Astronomie. Dann wollte er Land und Leute sehen. 9 bis 10 Jahre war er in der Fremde, diente als Freiwilliger im Heere des Prinzen Moritz von Holland und im baierischen Heere unter Tilly. Im Jahr 1621 soll er

seinen Abschied genommen haben; er beteiligte sich indessen wieder als Soldat bei der berühmten Belagerung von Larochelle, 1628. Er hatte vielfach Gelegenheit, Verstand und Gemüt der Menschen zu erforschen, verschiedene Gebraüche mitanzusehen und entgegengesetzte Meinungen über denselben Gegenstand zu hören. 1629 liess er sich in Holland nieder. Es war ihm zu schwül in Frankreich, woselbst die Gesetze jeden Neuerer mit dem Tode bedrohten.

Ungefähr nach einem Jahrzehnt (1637) erschienen seine Schriften in französischer Sprache: Dioptrik, Meteore, Rede über die Methode, Meditationen, Prinzipien der Philosophie und Affekte der Seele. Diese Werke wurden auch in die damals einzige Weltsprache, das Lateinische, übersetzt. Es waren Feuerbrände, die gewaltiges Aufsehen machten. Descartes gewann viele Anhänger; aber auch viele Gegner. Die grossen Gedanken hatten alle Vor- und Nachteile der Neuerungen; einerseits nahm man sie entgegen mit Bewunderung und Feuereifer, anderseits mit Verachtung und Todeserbitterung. So entfesselte sich ein leidenschaftlicher Kampf der Geister. Descartes entfaltete viel Talent und Scharfsinn und seine Anhänger bedienten sich der Waffen, welche ihnen der Meister in die Hand gab, Gründlichkeit, Methode, Feinheit und Klarheit.

Um einen etwelchen Begriff von diesen Streitigkeiten zu geben, will ich einige Beispiele herausgreifen. Um zur Wahrheit zu gelangen, forderte Descartes zum Zweifel auf. Man soll die klarsten Grundsätze für falsch halten, z. B., $2 + 3 = 5$; dass das Ganze grösser als ein Teil desselben u. s. w. Der einzige Satz, der nach ihm keinen Zweifel zuliess, war: Ich denke; also bin ich.

Er machte einen Unterschied zwischen Körper und Seele und verlegte den Sitz der letztern in das Gehirn, wo alle Nerven zusammenlaufen, ja in letzter Linie in die Zirbeldrüse. Dabei hob er hervor, dass ein verstümmelter Mensch Schmerzen verspüre in den verlornen Gliedern, und dass ein Blinder sich des Stabes anstatt der Augen bediene, um Gestalt und weitere Eigenschaften der Körper zu unterscheiden. Im Weitern sprach er den Tieren Beseelung und Empfindung ab, weil das Wesen der Seele im wirklichen Gedanken und das Wesen des Körpers in der wirklichen und bestimmten Ausdehnung bestehe. Ferner forderte Descartes, man müsse vor allem aus untersuchen, ob ein Gott sei und ob

derselbe taüschen wolle. Da aber Gott die wirksame und vollständige Ursache der Wahrheit sei, so erhalte man neue Beweise für das Dasein Gottes. In seinen Meditationen erklärt er, Gott könne bewirken, dass 2 + 3 nicht 5 sei, ein Quadrat nicht 4 Seiten habe und das Ganze einen Teil nicht an Grösse übertreffe, was die andern Philosophen bestritten. Den grössten Lärm machte seine Erklärung über die Anwesenheit Jesu in der Hostie oder im Abendmahlbrot. Er erklärte es als einen Widerspruch, dass der Leib des Erlösers enthalten sei im Raume des kleinsten Teilchens der geweihten Hostie. Später verantwortete er sich folgendermassen: Nur die Oberfläche der Körper macht einen Eindruck auf unsere Sinne. Jeder Körper, der die gleiche Oberfläche hat wie das Brod, wird dieselben Eindrücke auf unsere Sinne machen wie das Brod. Wenn also der Leib Jesu genau in demselben Raume sich befindet wie das Brod und genau dieselbe Oberfläche hat, so muss er auch auf unsere Sinne dieselben Eindrücke machen wie das Brod, d. h. er muss das Licht zurückstrahlen, dieselbe Farbe, dieselbe Gestalt haben u. s. w. Indessen ist der Leib Jesu eigentlich nicht da wie an einem Orte, sondern im Sinne des Sakramentes.

Dazu kommt noch, dass Descartes auf dem ganzen weiten Felde der Naturforschung für alle einschneidenden Neuerungen in die Schranken trat, indem er sie zusammenstellte und weitgehende Hypothesen über die Bewegungen, den Stoff, die Elemente, das Licht, den Magnetismus, die Schwerkraft, Elektrizität u. s. w., ferner über die Schöpfung, den Himmel, die Fixsterne, Kometen, Planeten u. s. w. aufstellte.

Was für Gegner mussten dem gewaltigen und universellen Neuerer erwachsen? Es waren die Anhänger des Aristoteles und der Kirche. Die erstern steiften sich auf die alten Texte und ihre gefüllten Bibliotheken; die letztern, besonders der protestantischen Partei angehörend, zogen mit Verketzerung ins Feld. Descartes verwies auf das grosse Buch der Natur und unterwarf sich bestmöglich der katholischen Kirche. Aber die geschlossene und fanatische Schar der Konservativen liess ihn nicht zur Ruhe kommen. Der protestantische Theolog Voëtius, Rektor der Universität Utrecht, verfolgte den Philosophen in den Lehrstunden, in den öffentlichen Reden, in den Predigten. Viele Universitäten machten ein Schutz- und Trutzbündnis gegen die neue Philosophie und erneuerten den

Eid der Treue auf das System des Aristoteles, welches 2 Jahrtausende lang unbeanstandete Autorität ausgeübt hatte. An der Spitze dieser Bewegung stand die Universität Utrecht, welcher sich diejenigen von Leyden, Groningen und Angers anschlossen, während diejenigen von Paris und Caen zu ihrem Landsmanne standen. Holland wollte den Neuerer verbannen und seine Bücher vom Henker verbrennen lassen. Diese Umtriebe dauerten mehrere Jahre. Descartes sehnte sich nach Ruhe und Frieden und wollte das Land verlassen. Der französische Hof spiegelte ihm eine Stelle und einen Jahresgehalt vor. Aber die religiösen Unruhen des Reiches traten störend in den Weg. Descartes reiste nach Paris; kehrte aber unverrichteter Dinge nach Holland zurück. Endlich berief ihn 1649 die Königin Christine nach Stockholm, wo er mit grosser Auszeichnung behandelt wurde. Doch das schwedische Klima war für ihn zu rauh; eine Lungenentzündung raffte ihn im folgenden Jahre weg. Seine sterblichen Ueberreste wurden 1666 in der Kirche St. Geneviève du Mont in Paris beigesetzt. In seinen Werken hat Descartes gleichsam die jetzige französische Prosa geschaffen (wie Bocaccio die italienische und Luther die deutsche) mit ihrer Anmut, ihrer Ruhe, ihrer Klarheit. Er eröffnete die Reihe jener unvergleichlichen prosaischen Schriften, für deren verschiedene Schattirungen er das Vorbild gab.

Nicht minder gross sind seine Leistungen auf dem Gebiete der Mathematik. Er erkannte das Wesen der negativen Wurzeln, fand die Anzahl der positiven und negativen Werte eines algebraischen Ausdruckes und eine neue Lösung der Gleichungen 4. Grades. Er wandte zuerst die Exponenten an und leitete die Potenzrechnung ein. Er lehrte endlich an jeden Punkt einer Kurve die Tangente und die Normale ziehen und jede Kurve durch eine Gleichung zweier veränderlicher Koordinaten bestimmen.

Kurz und gut, Descartes ist ein universeller Kopf ersten Ranges.

29. Descartes' „Prinzipien". Das Descartes'sche Hauptwerk bilden „die Prinzipien (Anfänge oder Grundsätze) der Philosophie", worüber ich einlässlicher sprechen will. Zu meiner Verfügung steht die lateinische Ausgabe, 4. Auflage, Amsterdam bei Daniel Elzevir, 1664.

Das Werk hat 4 Teile, welche folgende Ueberschrift tragen: über die Anfänge des menschlichen Wissens, über die Anfänge

zur Erkenntnis der Aussenwelt, über die sichtbare Welt und über die Erde. Sie enthalten entsprechend 76, 64, 157 und 207 Nummern.

Aus dem ersten Teile hebe ich nur folgende Stellen hervor:

1. Da wir bewusstlos zur Welt kommen, und über die wahrnehmbaren Dinge verschiedene Ansichten bilden, ehe wir unsere Vernunft gebrauchen können, so werden wir von der wahren Erkenntnis durch viele Vorurteile abgelenkt. Letztere lassen sich nur beseitigen, wenn wir einmal im Leben Alles in Zweifel ziehen und ernstlich erwägen, wo der geringste Schein der Ungewissheit vorkommt.

2. Wenn wir das Zweifelhafte gerade für falsch halten, so wird uns das Sicherste und Einfachste um so klarer vorkommen.

3. Dieser Zweifel soll sich einzig auf die Ermittlung der Wahrheit beschränken . . .

25. Wenn uns Gott über sich selbst, oder sonst etwas offenbart, was über die gewöhnlichen Kräfte unsers Geistes geht, wie die Geheimnisse der Menschwerdung und der Dreieinigkeit, so sollen wir uns nicht straüben, es zu glauben, und wenn wir es auch nicht klar einsehen. Auch sollen wir nichts zu wunderbar halten, sowohl wegen Gottes unermesslicher Macht als auch wegen der von ihm erschaffenen Dinge, welche unsere Fassungskraft übersteigen.

71. . . . Die Hauptursache unserer Irrtümer sind die Vorurteile unserer Kindheit. Da wir nichts von der Achsendrehung der Erde merken und ihre Oberfläche nicht als kugelförmig ansehen, so sind wir um so mehr geneigt, die Erde für unbeweglich und flach zu halten. So steht es mit tausend andern Vorurteilen, wovon unser kindlicher Geist vollgepfropft wird; im Entwicklungsalter erinnerte man sich dann nicht, dass man sie ohne genügende Prüfung aufgenommen hatte, und nahm sie gleichsam von den Sinnen bestätigt oder von der Natur geoffenbart, als aüsserst wahr, als aüsserst klar an.

72. Eine 2. Ursache unserer Irrtümer rührt daher, dass wir die Vorurteile nicht vergessen können. So z. B. denken wir uns im Jugendalter die Fixsterne als aüsserst klein; während sie aus astronomischen Gründen offenbar sehr gross sind; gleichwohl halten wir an der vorgefassten Meinung fest, da es uns sehr schwer fällt, uns dieselben anders als früher vorzustellen.

73. Eine 3. Ursache der Irrtümer besteht darin, dass unser Geist nicht ohne Schwierigkeit oder Ermüdung auf einige Dinge achten kann und am schwersten auf alle diejenigen achtet, welche weder den Sinnen, noch sogar der Einbildungskraft bestimmt vorliegen. (Vorstellungen über Ausdehnung, Bewegung und Gestalt.) Und da wir wieder jedes Ding, wie weiter unten gezeigt wird, nur mit den Sinnen wahrnehmen, so ergibt sich daraus, dass die meisten in ihrem ganzen Leben nur sehr unklar die Aussenwelt erkennen.

74. Die 4. Ursache hängt endlich mit der nicht völligen Uebereinstimmung der Worte und Dinge zusammen. Wir verbinden nach dem Sprachgebrauch alle unsere Begriffe mit Worten, durch welche wir sie ausdrücken, und verewigen sie nur zugleich mit diesen Worten. Da wir uns nachher leichter der Worte als der Dinge erinnern, so haben wir kaum jemals einen so deutlichen Begriff irgend eines Dinges, dass wir ihn von jedem Begriff der Worte trennen: Die Gedanken fast aller Menschen haften mehr an den Worten als an den Dingen. . . .

77. . . . Abgesehen von göttlichen Dingen, steht es dem Philosophen keineswegs an, etwas für wahr zu halten, was er in seiner Wahrheit niemals erfassen konnte, und mehr den Sinnen, d. h. den unzuverlässigen Urteilen seiner Kindheit zu vertrauen als dem reifen Verstande.

Aus dem 2. Teil hebe ich folgende Stellen hervor:

24. Was ist Bewegung im gewöhnlichen Sinne? Die Tätigkeit, mit welcher irgend ein Körper von einem Orte zu einem andern übergeht. . . .

25. Was ist Bewegung im eigentlichen Sinne? Der Uebergang eines Stoffteiles oder eines Körpers aus der Nähe derjenigen Körper, welche ihn unmittelbar berühren und als ruhend angesehen werden, in die Nähe anderer. . . .

36. Die erste allgemeine Ursache aller Bewegungen in der Welt ist Gott selbst, welcher im Anfang die Materie zugleich mit der Bewegung und der Ruhe erschuf und mit seiner gewöhnlichen Mithülfe so viel Bewegung und Ruhe, als er damals hineinlegte, in ihr erhält. Denn obschon jene Bewegung nichts anderes ist als die Art und Weise in der bewegten Materie, so hat sie doch eine gewisse und bestimmte Menge, welche, wie wir leicht ein-

sehen, immer dieselbe im ganzen Weltall bleiben kann, wenn sie auch in einzelnen ihrer Teile verändert wird.

37. Aus dieser Unveränderlichkeit Gottes lassen sich gewisse Regeln oder Naturgesetze erkennen, welche die zweiten oder besondern Ursachen der verschiedenen Bewegungen sind, die wir in den einzelnen Körpern antreffen. Das erste Gesetz lautet: So lange irgend ein Ding einfach und ungeteilt ist, verbleibt es, so wie es ist, immer in demselben Zustande, es werde denn jemals durch aüssere Ursachen verändert. Ebenso wenn es einmal in Bewegung gebracht wird, so setzt es die Bewegung fort. . . .

39. Das 2. Naturgesetz: Jede Bewegung ist an und für sich gerade und deswegen strebt das, was im Kreise herum bewegt wird, immer darnach, sich vom Mittelpunkt des Kreises zu entfernen, den es beschreibt. . . .

40. Das 3. Naturgesetz: Wenn ein Körper auf einen stärkern trifft, so verliert er nichts von seiner Bewegung; wenn er aber auf einen minderstarken trifft, so verliert er soviel, als er auf jenen überträgt. . . .

54. . . . Diejenigen Körper, welche in viele einzelne Teilchen geteilt sind, die gegenseitig von verschiedenen Bewegungen getrieben werden, sind flüssig; diejenigen aber, deren einzelne Teilchen gegenseitig neben einander ruhen, sind fest.

Aus dem dritten und vierten Teile mache ich besondere Mitteilungen; hier indessen gebe ich nur den Hauptinhalt der Nummern.

Der dritte Teil behandelt zuerst die Sonne und die Fixsterne, die Erde und die Planeten nach Wesen, Entfernung und Bewegung (Nummer 1—41), dann den Stoff im Weltall nach Wesen und Bewegung (42—64), ferner die Wirbel nach Grösse, Einfluss und Veränderungen (65—71), ferner die Sonne nach ihrem Stoff und dessen Bewegung (72—93), hierauf die Sonnenflecken und die Veränderungen der Fixsterne und ihrer Wirbel (94—120), hierauf die Dichtigkeit der Weltkörper (121—125), weiter die Kometen (126—139), weiter die Bewegungen der Planeten um die Sonne (140—148) und diejenigen des Mondes und anderer Trabanten um ihrer Hauptkörper (149—154) und endlich die Schiefe der Ekliptik und die Störungen (155—157).

Der 4. Teil behandelt zuerst die Bestandteile der Erde (1—19), dann die Schwere (20—27), dann Licht und Wärme (28—31), ferner Oberfläche und Luft der Erde (32—48), ferner die

Gezeiten (49—56), hierauf das Erdinnere (57—79), hierauf das Feuer (80—132), weiter den Magnetismus (133—183), weiter die Elektrizität (184—188), weiter die Sinne und die Empfindungen (189—206) und enthält endlich (207) den charakteristischen Schluss des ganzen Werkes: Nichtsdestoweniger meiner Niedrigkeit mir bewusst, behaupte ich nichts; sondern unterwerfe mich nicht nur der Autorität der katholischen Kirche, sondern auch dem Urteile der Klügern; und ich wünsche, dass mir Niemand glaube, bis ihn die augenscheinliche und unbesiegliche Vernunft überzeuge.

Im folgenden Abriss werden die Nummern des Werkes beigesetzt, nicht aber die Abschnitte, welche sich ohnedies aus der vorhergehenden Uebersicht ergeben. Oft wird auch nur der Titel oder ein Teil desselben angeführt.

30. Die Schöpfung und ihre Deutung. Die Werke Gottes (der sichtbaren Welt) können nicht genugsam gewürdigt werden (1). Wir sollen uns hüten, dass wir uns zu sehr überschätzen, die Ziele zu verstehen, welche sich Gott bei der Erschaffung der Welt vorgenommen hat (2). Wenn auch der Gedanke kindlich schön ist, dass Gott alles unsertwegen gemacht habe, um uns zu Dank gegen ihn zu verpflichten und zu Liebe gegen ihn zu entflammen; oder dass uns alles irgendwie nütze, wenn wir bei seiner Betrachtung auch nur unsern Geist üben, so ist es doch keineswegs wahrscheinlich, dass dies alles unsertwegen gemacht worden sei ohne irgend eine andere Bestimmung. Ja diese Annahme wäre ganz lächerlich und töricht, weil vieles besteht oder einst bestanden hat, und schon verschwunden ist, ohne von irgend einem Menschen gesehen oder begriffen zu werden, oder ihm je irgendwie zu nützen (3). Es folgt eine kurze Geschichte der wichtigsten Naturerscheinungen, um den Grund der Wirkungen aus den Ursachen abzuleiten, und aus den unzähligen Wirkungen, welche aus denselben Ursachen entstehen, unsern Geist eher auf die einen als auf die andern zu lenken (4). Alles, was wir auf der Erde sehen, soll uns als Naturerscheinung gelten; doch ist es nicht nötig, dass wir von Anfang an auf alles Acht geben (42). Es wird kaum der Fall sein, dass die Ursachen, aus denen wir alle Naturerscheinungen ableiten, richtig sind (43). Indessen sollen die Ursachen, welche ich hier auseinandersetze, nur als Hypothesen angesehen werden (44). Und ich werde auch, um die Dinge in der Natur besser zu erklären,

ihre Ursachen hier gründlicher wiederholen, als nach meinem Dafürhalten nötig ist. Es ist eben nicht zweifelhaft, dass die Welt von Anfang an in ihrer ganzen Vollkommenheit geschaffen wurde, so dass in ihr Sonne, Erde, Mond und Sterne bestanden; und dass sogar auf der Erde nicht nur Samen von Pflanzen, sondern selbst Pflanzen waren; und Adam und Eva nicht als Kinder, sondern als Erwachsene erschaffen wurden. Das lehrt uns der Christenglaube; und davon überzeugt uns auch der natürliche Verstand. Wenn wir nämlich auf die unermessliche Macht Gottes achten, so können wir nicht glauben, dass er je etwas gemacht hätte, das nicht in allen Beziehungen vollkommen gewesen. Nichtsdestoweniger ist es zum Verständnis der Natur der Pflanzen oder Menschen weit besser zu erwägen, auf welche Weise sie allmälig aus Anfängen entstehen können, als auf welche Weise sie im Anbeginn der Welt von Gott geschaffen wurden. Dann können wir herausfinden, ob wir jene sehr einfachen und leichtverständlichen Anfänge, aus denen gleichsam wie aus Samen sowohl die Sterne als die Erde und endlich Alles, was wir in dieser sichtbaren Welt wahrnehmen, beweisen können, wenn wir auch wohl wissen, dass sie nicht so entstanden sind. So setzen wir indessen ihre Natur viel besser auseinander, als wenn wir sie nur beschreiben, wie sie sind. Da ich solche Anfänge herausgefunden habe, so will ich sie hier kurz auseinandersetzen (45). Aus dem Vorhergehenden erhellt, dass alle Weltkörper aus einem und demselben Stoffe bestehen, der in beliebige Teile zerlegbar und jetzt in viele zerlegt ist, welche verschiedenartige und kreisförmige Bewegungen haben und immer dieselbe Menge der Bewegung im Weltall beibehalten. Wie gross diese Stoffmassen, wie schnell sie sich bewegen, welche Kreise sie beschreiben, können wir mit dem blossen Verstand nicht bestimmen. . . . Darum nehmen wir an, dass aller Stoff, woraus die sichtbare Welt besteht, vom Anfang an von Gott in beinahe gleiche, mittelgrosse Teile zerlegt worden sei, wie die mittelgrossen unter ihnen sind, aus denen jetzt Himmel und Sterne bestehen, und dass alle zusammen so viel Bewegung in sich enthielten, als jetzt in der Welt gefunden wird; und dass sie auch gleicherweise bewegt wurden, sowohl einzeln um ihre eigenen Mittelpunkte als insbesondere gegenseitig um sich herum, so dass sie den flüssigen Körper bildeten, als welchen wir uns den Himmel denken. Damals schon standen mehrere von gewissen andern Punkten gleichweit

ab und waren so angeordnet wie jetzt die Mittelpunkte der Fixsterne; daneben auch andere, etwas zahlreichere, welche der jetzigen Anzahl der Planeten gleichkommen (46). . . . Vielleicht könnte aus dem Chaos durch die Naturgesetze dieselbe Ordnung, die jetzt in diesen Dingen vorhanden ist, abgeleitet werden, wie ich es ehemals zu erklären unternommen habe; indessen reimt sich das Durcheinander weniger mit der höchsten Vollkommenheit des Schöpfers als das Ebenmass und die Ordnung, und kann dasselbe von uns auch weniger erfasst werden; ferner ist der Mangel an Ebenmass und Ordnung einfacher und leichtverständlicher als die vollständige Gleichheit: Darum nehme ich hier alle Teilchen des Stoffes von Anfang an nach Grösse und Bewegung unter sich gleich an und lasse im Weltall keine andere Ungleichheit bestehen als diejenige in der Lage der Fixsterne, was Jedem, der den Sternenhimmel betrachtet, so klar erscheint, dass er es vollständig anerkennen muss. Und es ist wichtig, dass vollständige Gleichheit herrsche, wie es angenommen wird, weil sie nach den Naturgesetzen später verändert werden muss. Und kaum kann etwas angenommen werden, aus dem nicht dieselbe Wirkung (wenn vielleicht auch schwieriger) von denselben Naturgesetzen abgeleitet werde. Da nämlich mit ihrer Hülfe der Stoff alle Gestalten, deren er fähig ist, allmälig annimmt; und wir sogar, wenn wir jene Gestalten gehörig betrachteten, endlich auf diejenigen verfallen müssten, welche dieser Welt eigen sind: so ist dabei nichts Fehlerhaftes aus falscher Vermutung zu befürchten (47).

31. Entfernung, Beleuchtung und Theorie der Weltkörper. Der Abstand des Mondes von der Erde beträgt ungefähr 30 Erddurchmesser; derjenige der Sonne von der Erde aber 600 bis 700. Aus der Vergleichung dieser Abstände mit den scheinbaren Durchmessern von Sonne und Mond ist der Mond kleiner als die Erde, die Sonne aber grösser (5).

Bemerkung. Der Abstand des Mondes ist ziemlich richtig angegeben, nicht so derjenige der Sonne. Schon Ptolemäus, dann wieder Kopernikus und Tycho nahmen ihn zu 600 Erddurchmessern an, Kepler ging auf 1750 und wollte seine Vermutung mit den bevorstehenden und von ihm verkündeten Merkur- und Venusdurchgängen bestätigen, dem erstern vom 7. November 1631, den letztern vom 6. Dezember 1631 und 4. Dezember 1639. Aber seine Tage waren vorher gezählt. Jener Merkurdurchgang wurde von Gassendi beobachtet; der erste jener Venusdurchgänge konnte nicht beobachtet werden, weil er in die Nacht vom

G. auf den 7. Dezember fiel; der zweite derselben wurde von Horrox in Hoole und von Crabtree in Manchester beobachtet; hatte aber keinen wissenschaftlichen Erfolg, weil die Standpunkte der beiden Beobachter zu nahe waren.

Merkur steht mehr als 200 Erddurchmesser von der Sonne ab, Venus mehr als 400, Mars 900—1000, Jupiter 3000 und mehr, und Saturn 5000—6000 (6). Die Fixsterne sind von uns so weit entfernt, dass Saturn mit ihnen verglichen sehr nahe ist (7). Daraus ergibt sich offenbar, dass Mond und Erde, von Jupiter und Saturn aus gesehen viel kleiner erscheinen müssen als Jupiter und Saturn uns vorkommen, und vielleicht erscheint auch die Sonne von den Fixsternen aus nicht grösser als von uns aus die Fixsterne erscheinen (8). Sonne und Fixsterne erglänzen im eigenen Lichte (9), der Mond und die übrigen Wandelsterne borgen ihr Licht von der Sonne; wie es die Lichtgestalten des Mondes und der Venus und das ruhigere Licht des Merkur, Mars, Jupiter und Saturn zeigen (10). Die Erde ist in Beziehung auf das Licht von Mond, Venus, Merkur und den andern Planeten nicht verschieden (11). Der Neumond wird von der Erde beleuchtet (Leonardo da Vinci, Galilei, 12). Wenn wir die Erde vom Jupiter aus vollständig betrachteten, so würde sie zwar kleiner, aber vielleicht nicht minder hell erscheinen als uns Jupiter erscheint; aber von den nähern Planeten würde sie grösser erscheinen; wegen des sehr grossen Abstandes würde sie aber von den Fixsternen aus sich dem Anblick entziehen. Sie gehört also zu den Planeten, die Sonne zu den Fixsternen (13). Die Fixsterne behalten immer gleiche Abstände von einander, nicht aber die Planeten (14). Auf der See hann man bei ruhigem Wetter, wenn man von einem Schiffe aus andere betrachtet, oft zweifeln, welchem von ihnen eine Bewegung zuzuschreiben ist; darum sind 3 Theorien über die Erscheinungen der Planeten aufgestellt worden (15). Die ptolemäische wird übergangen, weil sie den Lichtwechsel des Mondes und der Venus nicht erklärt (16). Zwischen der kopernikanischen und der tychonischen Theorie ist ein geringer Unterschied; erstere ist als Hypothese einfacher und klårer; letztere bestrebt sich, den wahren Vorgang zu erklären (17). Tycho schreibt dem Wortlaut nach der Erde weniger, der Sache nach mehr Bewegung zu (18). Von beiden abweichend, verneine ich die Bewegung der Erde genauer als Kopernikus und richtiger als Tycho (19). Erstens nehme ich an, die Fixsterne stehen möglichst weit von Saturn

ab (20). Zweitens glauben wir, die Sonne bestehe, gleich der Flamme, aus einem zwar sehr beweglichen Stoff, welcher alle umliegenden Teile des Himmels um sich herum fortreisst; welcher aber nach Art der Fixsterne nicht aus einer Gegend des Himmels in eine andere wandert (21). Die Sonne ist aber von einer Flamme verschieden, indem sie nicht so unterhalten wird: neuer Stoff tritt in sie ein, anderer geht von ihr aus (22). Wie die Sonne um sich herum einen grossen Raum hat, wo kein Fixstern enthalten ist, so müssen die einzelnen Fixsterne von allen andern sehr weit entfernt sein, und die einen viel mehr als die andern von uns und von der Sonne abstehen (23). Drittens muss der Weltenstoff flüssig sein (24). Die Himmel reissen die in ihr befindlichen Körper mit sich fort (25). Viertens ruht die Erde im Himmelsraume, wird aber nichtsdestoweniger von ihm mitgerissen, wie ein Schiff, das weder von Winden noch Rudern getrieben, und an keinen Ankern befestigt, mitten im Meere ruht, obschon vielleicht die grosse Wassermasse im unsichtbaren Laufe dahinfliessend, es mit sich fortträgt (26). So ist es auch mit den Planeten, welche wie die Erde dunkel sind und das Sonnenlicht zurückstrahlen (27). Die Erde und die Planeten bewegen sich eigentlich nicht, obschon sie im Himmelsraume fortgerissen werden (28). Wenn wir Bewegung im gewöhnlichen Sinne nehmen, so bewegen sich auch alle andern Planeten, sogar Sonne und Fixsterne; doch nur unpassend kann man es auch von der Erde sagen. Die Menge bestimmt nämlich nach den Teilen der Erde, welche als unbeweglich betrachtet werden, die Oerter der Sterne, und hält diese dann für beweglich, wann sie von den so bestimmten Oertern zurückweichen, was für das praktische Leben bequem und der Vernunft entsprechend ist (29). Alle Planeten werden von und mit dem Himmel um die Sonne gedreht, wobei — wie in einem Flusse einzelne kleinere Wirbel je mehrere Strohhälmchen bewegen — auch einige Planeten um ihre Mittelpunkte gedreht werden (30). Saturn macht seinen Rundgang in beinahe 30 Jahren, Jupiter mit seinen Trabanten in 12 Jahren, Mars in 2 Jahren, die Erde mit dem Mond in einem Jahre, Venus in 8 Monaten, Merkur in 3 Monaten, indem sie vom himmlischen Stoffe mitgerissen werden (31). Auch die Sonnenflecken gehen in 26 Tagen einmal um die Sonne herum (32). Dabei sind noch 2 kleinere Wirbel um Jupiter und Erde. Der aüsserste Trabant Jupiters macht einen Umgang in 16 Tagen,

der folgende in 7 Tagen, der dritte in 85 Stunden und der innerste in 42 Stunden. So bewirkt der Wirbel, in dessen Mittelpunkt die Erde ist,. dass der Mond im Laufe eines Monats um sie herumgeht, aber die Erde selbst jeden Tag um die eigene Achse eine ganze Drehung macht, so dass in derselben Zeit, wo Erde und Mond einen gemeinschaftlichen Kreis vollenden, die Erde 365 mal um ihren Mittelpunkt und der Mond 12 mal um die Erde getrieben wird (33). Diese Bewegungen sind nicht ganz kreisförmig (34); es kommen Abweichungen der Planeten in Breite (35) und Länge vor (36). Alle Erscheinungen können durch diese Hypothese sehr leicht erklärt werden (37). Nach Tycho müsste sich die Erde um ihren eigenen Mittelpunkt bewegen (38). Die jährliche Bewegung der Sonne um die Erde, nicht nur mit Merkur und Venus, sondern noch mit Mars, Jupiter und Saturn kann nicht eingesehen werden (39). Die jährliche Bewegung der Erde um die Sonne bringt wegen der grossen Entfernung der Fixsterne keine Parallachse hervor (40). Vielleicht können wir mit Hülfe der Kometen diese Entfernung ermitteln (41).

32. Der Weltenstoff nach Wesen und Bewegung. Alle Teilchen des Weltenstoffes sind kugelförmig. Sie waren es zwar nicht von Anfang an; aber wurden es durch gegenseitige Reibung (48). Um diese kugelförmigen Teilchen muss noch feinerer Stoff sein, welcher von den frühern Ecken entstanden ist und die Lücken zwischen den Kügelchen ausfüllt (49) Die Teilchen dieses feinern Stoffes können sehr leicht weiter zerlegt werden; denn je kleiner dieser Abraum anderer Teilchen, desto leichter wird er bewegt und in noch kleinere Teilchen gebracht. Je kleiner er aber ist, desto mehr Oberfläche hat er im Verhältnis zur Grösse. Nun trifft er auf andere Körper je nach der Oberfläche und wird geteilt je nach der Grösse (50). Diese Teilchen werden auch am schnellsten bewegt (51). Es gibt drei Elemente in der sichtbaren Welt. Das erste hat eine so grosse Kraft der Bewegung, dass es beim Antreffen anderer Körper in unendlich kleine Teile zerfällt, deren Gestalt sich den schmalen Durchgängen der von ihnen verlassenen Ecken anbequemt, um sie auszufüllen. Das 2. ist in sehr kleine kugelförmige Teilchen zerlegt, wie sie an denjenigen Körpern erscheinen, welche wir mit den Augen unterscheiden können, und die trotz ihrer gewissen und bestimmten Menge in noch viel klei-

nere teilbar sind. Das dritte hat entweder viel gröbere Teile oder für die Bewegung weniger geeignete Formen. Sonne und Fixsterne bestehen aus dem ersten; die Himmel aus dem zweiten; Erde, Planeten und Kometen aus dem dritten Element (52). In der sichtbaren Welt können auch 3 Himmel unterschieden werden (53). Im Anfang wuchs allmälig der Stoff des 1. Elementes, weil die Teilchen des 2. Elementes sich unaufhörlich an einander rieben. Da ihre Menge grösser wurde, als zur Ausfüllung jener Raüme zwischen den kugelförmigen Teilchen erforderlich war, so strömte sie gewissen Mittelpunkten zu, wo sie bestimmte, flüssige Weltkörper bildete wie die Sonne und die Fixsterne (54). Was ist das Licht? Es gibt nämlich ein Naturgesetz, dass alle Körper, welche im Kreis bewegt werden, so viel an ihnen liegt, von den Mittelpunkten ihrer Bewegung sich entfernen. Wie hier jene Kraft, mit welcher so die Kügelchen des 2. Elementes und auch der Stoff des ersten Elementes, welcher um die Mittelpunkte angehaüft wurde, von jenen Mittelpunkten sich zu entfernen streben, wie ich nachher aufs deutlichste erkläre: so besteht das Licht gerade darin, und hängt von dessen Kenntnis viel anderes ab (55).

Bemerkung. In einem andern Werke sagt Descartes: Das Licht ist ein Stoff, welcher von einem geeigneten Weltkörper ausgeht, auf das Auge oder den Sehnerven stösst und daselbst die bekannte Empfindung erzeugt.

Dann folgen Beispiele über die Tangentialkraft (56—60). Die Fliehkraft bewirkt auch, dass Sonne und Fixsterne kugelförmig werden und dass der himmlische Stoff von allen Punkten des Umkreises irgend eines Sternes oder der Sonne zu entfliehen trachtet (61 und 62). Die Kügelchen des himmlischen Stoffes hindern sich gegenseitig nicht in diesem Bestreben. Die Kraft des Lichtes besteht nicht in irgend einer Dauer der Bewegung, sondern nur in der ersten Zurüstung zur Bewegung, wenn auch vielleicht aus ihr die Bewegung selbst nicht folgt (63). Alle Eigenschaften des Lichtes sind in diesem Bestreben zu suchen, dass es sich von der Sonne oder von irgend einem Fixstern nach allen Seiten gleichmässig verbreitet und im kleinsten Augenblicke Zeit sich in beliebige Entfernung erstreckt und zwar geradlinig nicht nur vom Mittelpunkt des leuchtenden Körpers, sondern auch von beliebigen, andern Punkten der Oberfläche (64).

33. Die Wirbel. Die Pole der Himmel jedes Wirbels berühren die Teile anderer Wirbel an ihren entfernten Polen (65). Die Bewegungen dieser Wirbel werden so gebogen, dass sie einander entsprechen (66). Die Pole zweier Wirbel können sich gegenseitig nicht berühren (67). Die Wirbel sind ungleich an Grösse (68). Der Stoff des ersten Elements fliesst von den Polen irgend eines Wirbels gegen den Mittelpunkt und von diesem gegen die andern Teile (69). Dasselbe kann von dem Stoff des 2. Elementes nicht eingesehen werden (70). Die Teilchen des 2. Elementes, welche um einen Mittelpunkt bewegt werden, haben nicht nur das Bestreben, sich von diesem Mittelpunkt zu entfernen, sondern auch dasjenige, in ihrer Geschwindigkeit zu verharren, welche beide Kräfte sich gewissermassen widersprechen. Während sie sich also in ihrem Wirbel drehen, nahe bei andern Wirbeln, sind sie in gewisse Grenzen eingeschlossen und können sich z. B. nicht in die Nähe eines Poles begeben, wo sie langsamer rotiren müssten (71). Der Stoff des 1. Elementes geht gleichsam in der Mittagslinie des Wirbels (vom Pol des Wirbels zum Mittelpunkt) anderseits macht er die Bewegung des Wirbels mit in der Richtung der Parallelen. Aus diesen beiden Richtungen ergeben sich in Tat und Wahrheit Spirallinien oder gewundene Schneckenlinien (72). Verschiedene Ungleichheiten sind in der Lage des Sonnenkörpers (73), ebenso in der Bewegung ihres Stoffes (74). Sie verhindern dennoch ihre Kugelgestalt nicht (75). Ueber die Bewegung des 1. Elementes, während es in den Kügelchen des 2. Elementes verbleibt (76). Warum das Sonnenlicht nicht nur gegen die Ekliptik, sondern auch gegen die Pole sich verbreitet (77). Wie es sich gegen die Ekliptik verbreitet (78). Wie leicht bei der Bewegung eines sehr kleinen Körpers andere, möglichst weit von ihm entfernte, bewegt werden können (79). Wie das Sonnenlicht gegen die Pole sich richtet (80). Ob seine Kraft gegen die Pole und gegen die Ekliptik gleich ist (81). Die Kügelchen des 2. Elementes, welche der Sonne näher stehen, sind kleiner und bewegen sich schneller als die entferntern, bis zu einem bestimmten Abstand, über welchen hinaus alle an Grösse gleich sind, und sich um so schneller bewegen, als sie weiter von der Sonne abstehen (82). Warum die entferntesten schneller bewegt werden als etwas weniger entfernte (83). Warum die der Sonne nächsten Kügelchen sogar schneller gedreht werden als die ein

wenig entferntern. Darum erscheinen die Kometenschweife bald gerade, bald gebogen (84). Warum die der Sonne näher stehenden kleiner sind als die entferntern. Wenn sie nämlich grösser oder gleich wären, so hätten sie auch mehr Kräfte und würden sich weiter entfernen (85). Die Kügelchen des 2. Elementes werden zugleich nach verschiedenen Seiten bewegt, wodurch sie vollständig kugelförmig werden, nicht etwa nur sphäroidal (86). Die Grade der Schnelligkeit in den kleinsten Teilen des 1. Elementes sind verschieden (87). Diejenigen kleinsten Teile desselben, welche die geringste Schnelligkeit haben, leiten sie leicht auf andere über und hängen sich leicht an einander (88). Im letztern Zustand trifft man sie besonders von den Polen zu den Mittelpunkten der Wirbel (89). Sie werden dann wie Schneckenschalen gewunden oder gestreift (90). Diese Teilchen der entgegengesetzten Pole sind verschieden gewunden (91). Es kommen nur 3 Streifen bei ihnen vor (92). Zwischen den gestreiften Teilchen und den kleinsten Teilchen aller Elemente sind verschiedene Abstufungen (93).

34. Die Sonnenflecken. Wie die Sonnenflecken auf der Oberfläche der leuchtenden Weltkörper entstehen. Der Stoff der Sonne, welcher von beiden Polen gegen die Ekliptik in siedender Wallung sich ergiesst, muss seine gestreiften Teilchen, und alle andern, welche leicht an einander hängen, und schwer der gemeinschaftlichen Bewegung Folge leisten, als Schaum ausscheiden (94). Darum treten sie gegen den Sonnenäquator vornämlich auf (95). Diese Flecken verlieren sich beim längern Sieden; erneuern sich aber wieder, da fortwährend frischer Stoff in die Sonne eintritt (96). Warum sie die Farben des Regenbogens zeigen (97). Oft schwillt der Stoff der Sonne über die Flecken an, oder muss an engen Durchpässen viel schneller fliessen, wodurch Flecken und Fackeln mit einander abwechseln (98). Die Flecken lösen sich teils in feinere und zugleich dichtere, teils in die feinsten, teils endlich in gröbere Teilchen auf (99). Letztere haüfen sich um die Sonne und bilden eine dem irdischen Dunstkreis nicht unähnliche Masse, den Aether, welcher sich vielleicht bis zum Merkur oder darüber hinaus erstreckt; darum werden die Flecken und der rings um die Fixsterne verbreitete Aether zum 3. Element gerechnet (100). Die Bildung und Auflösung der Flecken hängt von sehr unbestimmten Ursachen ab (101). Die Flecken sind weich

und fein, und können leicht die Gewalt des Abraums vom ersten Element brechen, welcher in sie hineindringt und ihn einverleiben, so dass schliesslich ein einziger Fleck einen ganzen Stern bedecken kann (102). Darum verdüstert sich bisweilen die Sonne und verändern die Sterne ihre scheinbare Grösse (103). Darum verschwinden gewisse Sterne im Laufe der Zeiten und erscheinen plötzlich neue. Die Plejaden (Siebengestirn) hatten früher 7 grössere Sterne, jetzt nur 6. Gegen Ende 1572 erschien in der Kassiopeja ein neuer Stern, der später abnahm und im Anfang 1574 verschwand (104). Es gibt in den Flecken viele Wege, durch welche die gestreiften Teilchen frei durchgehen (105). Wie die Durchgänge aussehen und warum die gestreiften Teilchen nicht mehr zurück können (106). Diese Durchgänge sind hohl, ähnlich wie die Schneckenschalen; die Teilchen, welche von einem Pole kommen, können nicht durch die Durchgänge vom andern Pol gehen, weil sie anders gewunden sind (107). Wie der Stoff des 1. Elementes durch diese Gänge fliesst (108). Wie andere Gänge dieselben kreuzen (109). Wie das Licht schwierig durch einen Sonnenfleck hindurchgeht (110). Beschreibung eines plötzlich erscheinenden und eines allmälig verschwindenden Sternes (111 und 112). Die gestreiften Teilchen höhlen in allen Flecken viele Gänge aus (113). Derselbe Stern kann abwechselnd erscheinen und verschwinden (114). Bisweilen kann ein Wirbel, in dessen Mittelpunkt ein Stern ist, zerstört werden, wenn er von Flecken eingehüllt wird (115). Wenn der Wirbel nämlich so liegt, dass er dem Lauf der nächsten Wirbel einen grossen Widerstand leistet, so kann er zerstört werden, ohne von gerade vielen Flecken bedeckt zu sein (116). Anderseits können sehr viele Flecken einen Stern umgeben, ohne dessen Wirbel zu zerstören, wenn die Lage der umliegenden Wirbel dementsprechend ist (117). Diese vielen Flecken können leicht bewirken, dass der Wirbel durch seine Untätigkeit immer kleiner, ja endlich ganz absorbirt wird mit Ausnahme des Sternes, der endlich nicht mehr flüssig und leuchtend, sondern nach Art eines Kometen oder Planeten, fest und dunkel von einem andern Wirbel weggeführt wird (118). Wenn die dunkle Weltkugel, welche in den fremden Wirbel hineinsinkt, so dicht ist, dass sie, bevor sie zu der Grenze gelangt ist, in welcher alle Teile des Wirbels sehr langsam sich bewegen, die Geschwindigkeit erreicht, welche die Teile haben, mit denen sie sich dreht, so sinkt sie nicht tiefer,

sondern geht von diesem Wirbel in einen andern über und wird zum Kometen. Wenn sie aber weniger dicht ist, unter jene Grenze herabsinkt und nachher in einen gewissen Abstand von dem Stern, welcher den Mittelpunkt dieses Wirbels einnimmt, immer verbleibt, so dreht sie sich um ihn und wird zum Planeten (119 und 120). Die Dichtigkeit ist die Stoffmenge des 3. Elementes, woraus die Flecken bestehen, welche diesen Stern einhüllen; sie ist abhängig von Stoff, Grösse und Gestalt (121 und 122). Doch kann es vorkommen, dass der erloschene Fixstern, wenn auch noch so gross und von so vielen Flecken eingehüllt, weniger dicht und weniger bewegungsfähig ist als die ihn umgebenden kugelförmigen Teilchen des 2. Elementes; aber auch das Gegenteil (123 u. 124). Endlich ist es auch möglich, dass derselbe Stern weniger dicht ist als gewisse himmlische Kügelchen, aber dichter als andere, etwas kleinere (125).

35. Kometen und Planeten. Der Komet kann sich mehr oder weniger dem Hauptkörper des Wirbels, in dem er sich befindet, nähern, je nach der Beschaffenheit der andern Wirbel, in deren Nähe er kommt; er kann von diesen verschieden aufgehalten oder abgestossen werden (126). Die Kometen gehen durch viele Wirbel (127). Beobachtungen von Kometen und ihre Erklärung (128 und 129). Die Kometen werden erst sichtbar, wenn sie in unsern Wirbel (Himmel) kommen, weil sie nur geborgtes Licht zurückstrahlen; aber das stark vibrirende Licht der Fixsterne gelangt aus weiter Ferne zu uns; doch von der Erde aus gesehen, werden diese Sterne nicht an den Orten gesehen, wo sie in Tat und Wahrheit sind (130 und 131). Betrachtungen darüber, wie man die Kometen nur sieht, wenn sie unserm Himmel nicht zu ferne sind (132). Ueber verschiedene Schweife, über ihre Lichtbrechung und deren Erklärung (133—135). Wie die Erscheinung des Schweifes und der Lichtstrahlen zu erklären sind (136 u. 137). Von der Stellung des Schweifes zur Sonne und von seiner Krümmung (138). Warum die Fixsterne und Planeten keine Schweife haben (139).

Vom Anfang der Planetenbewegungen: Der erloschene Stern hat geringere Bewegung oder geringere Dichtigkeit als die Kügelchen des 2. Elementes, die gegen den Umfang unsers Wirbels vorkommen; aber mehr als einige unter ihnen, welche näher an

der Sonne sind. Deswegen wird er sofort vom Wirbel der Sonne ergriffen und muss gegen dessen Mittelpunkt sinken, bis er zu jenen Kügelchen gelangt, in denen die Beharrungskraft oder die Dichtigkeit mit ihm übereinstimmt. Wenn er aber daselbst angelangt ist, so nähert er sich nicht mehr weiter der Sonne, und entfernt sich auch nicht mehr weiter von ihr, ausser wenn besondere Ursachen hinzukommen (140). Erstens, wenn der Raum, in welchem er sich mit dem himmlischen Stoff dreht, nicht vollständig kugelförmig ist; woraus sich notwendig ergibt, dass der himmlische Stoff langsamer fliesst, wo der Raum weiter ist, als wo er enger ist (141). Zweitens, wenn der Stoff des 1. Elementes, welcher aus gewissen Nachbarwirbeln gegen den Mittelpunkt des 1. Wirbels fliesst und von da zu gewissen andern Wirbeln weiter fliesst, sowohl die Kügelchen des 2. Elementes als auch den Planeten zum Schwanken und zum Erschüttern bringt (142). Drittens, wenn die Gänge im Planeten für gestreifte Teilchen aus gewissen Gegenden des Himmels geeigneter sind als für andere (143). Viertens, wenn er vorher einen Stoss erhielt. Ein losgelassener Kreisel hält einige Minuten an und macht einige 1000 Umdrehungen trotz geringer Masse und Widerstand der Luft. Es ist leicht einzusehen, dass von der Bewegung, welche ein Planet erhielt, er vom Anfang der Welt bis auf diese Zeit, ohne merkliche Abnahme der Geschwindigkeit seine Drehungen fortsetzen konnte; denn die Zeit seit der Erschaffung der Welt, 5000 bis 6000 Jahre, verhält sich zur Grösse irgend eines Planeten wie eine Minute zur geringen Grösse des Kreisels (144). Endlich fünftens, wenn das Beharrungsvermögen bei dem Planeten viel stärker und beständiger ist als bei dem ihn umkreisenden Stoff, und auch stärker bei einem grössern Planeten als bei einem kleinerern. Denn der Planet bewegt sich nie so schnell wie die himmlischen Kügelchen, die sich um ihn herum drehen. Immerhin folgt daraus, wenn die Bewegung dieser Kügelchen beschleunigt, verlangsamt oder abgelenkt wird, so wird auch die Bewegung des Planeten, obgleich nicht so viel oder so schnell, doch etwas beschleunigt, verlangsamt oder abgelenkt (145).

Von der Erschaffung aller Planeten: Im Anfang enthielt der grosse Raum, wo jetzt das Sonnensystem sich aufhält, mindestens 14 Wirbel, einzelne Sterne bedeckten sich mit Flecken; ihre Wirbel wurden von den andern zerstört, der eine früher, der

andere später, je nach ihrer Lage; jetzt sind nur noch drei grössere Wirbel übrig geblieben, in deren Mittelpunkten Sonne, Jupiter und Saturn verweilen. Die 4 Sterne, welche in der Nähe Jupiters waren, sind ihm zugefallen, und die 2 andern dem Saturn (wenn sich nämlich letztere Tatsache bestätigt), und Merkur, Venus, Erde, Mond und Mars, welche ebenfalls früher ihre eigenen Wirbel hatten, sind der Sonne zugefallen; endlich fielen auch Jupiter und Saturn, nachdem ihre Wirbel verschwunden waren, der grössern Sonne zu. Die Sterne der übrigen Wirbel aber, wenn deren von Anfang an mehr als 14 waren, sind als Kometen von dannen gezogen (146). Die Planeten sind um so näher der Sonne, je geringer ihre Dichtigkeit ist; zwar ist Mars kleiner als die Erde und steht weiter von der Sonne ab; allein die Dichtigkeit hängt nicht einzig von der Grösse ab (147). Die untern Planeten gehen schneller in ihrer Bahn als die obern (aüssern), weil die Materie des 1. Elementes, welche die Sonne bildet, sich am schnellsten dreht und die nähern Teile des Himmels stärker mit sich fortreisst als die entferntern. Indessen wundert man sich, dass die Flecken, welche an ihrer Oberfläche erscheinen, viel langsamer mitgerissen werden als irgend ein Planet; denn zu ihrem kürzesten Umlauf brauchen sie 26 Tage, Merkur zu seinem mehr als 60 mal grössern kaum 3 Monate, und Saturn zu seinem vielleicht 2000 mal grössern nur 30 Jahre; würde er sich nicht schneller als sie bewegen, so müsste er mehr als 100 Jahre brauchen (148). Der Mond bewegt sich noch um die Erde wie die Jupiterstrabanten um Jupiter. Da der Mond nicht weniger Schwungkraft hat als die Erde, so muss er in derselben Kugel wie sie um die Sonne gehen; da er aber kleiner ist und dieselbe Schwungkraft hat, so muss er schneller gedreht werden (149). Die Erde dreht sich um ihre Achse, weil sie früher ein leuchtender Stern war, der sich ohne Zweifel im Mittelpunkte eines Wirbels drehte. Da jetzt der Stoff des 1. Elementes in ihrem Mittelpunkte zusammengehaüft ist, so hat sie noch ähnliche Bewegungen (150). Die Erde rotirt fast 30 mal um ihre Achse, während der Mond nur einen Umgang macht. Dieser ist aber 60 mal grösser als der Umfang der Erde; somit bewegt sich der Mond 2 mal schneller als die Erde. Da nun beide von demselben himmlischen Stoffe getrieben werden, so muss die Ursache der grösern Schnelligkeit des Mondes darin liegen, dass er kleiner als die Erde ist (151). Der Mond wendet der

Erde immer dieselbe Seite zu, wahrscheinlich, weil die abgewandte Seite ein wenig dichter ist und somit beim Rundgang um die Erde den grössern Umfang durchlaufen muss, wie wir bei den Kometen gesehen. Und die unzähligen Unebenheiten gleich Bergen und Tälern, welche man mit Hülfe der Fernröhren auf der zugewandten Seite wahrnimmt, sind sicherlich ein Zeichen geringerer Dichtigkeit (152). Der Mond geht schneller und weicht von seiner mittlern Bewegung weniger ab im Neu- und Vollmond als in den Quadraturen; denn sein Wirbel (Himmel) ist nicht vollständig rund (153). Die Trabanten Jupiters bewegen sich um so schneller um ihren Hauptkörper, je näher sie ihm sind; diejenigen Saturns langsam oder gar nicht *), weil Jupiter wie Sonne und Erde, sich um seine Achse dreht; Saturn aber wie der Mond und die Kometen immer dieselbe Seite dem Mittelpunkte des Wirbels zuwendet (154). Die Schiefe der Ekliptik rührt daher, dass die jährliche Bewegung der Erde von der Uebereinstimmung des ganzen himmlischen Stoffes (der Sonne und der Planeten) und dass die Richtung der Erdachse von denjenigen Teilen des Himmels abhängt, von welchen der Stoff des 1. Elementes ihr zuströmt (155). Indessen nimmt diese Schiefe allmälig ab, weil die jährliche und tägliche Umdrehung bequemer wären, wenn sie um parallele Achsen stattfänden (156). Uebrigens müssen Störungen vorkommen, weil die Weltkörper gegenseitig auf einander wirken (157).

36. Die Schwerkraft. Die Schwerkraft verhindert, dass die Masse der Erde von der Fliehkraft geradlinig fortgerissen wird, indem sie alle ihre Teile gegen den Mittelpunkt treibt (20). Alle Teile der Erde, für sich betrachtet, sind nicht schwer, sondern leicht. Wenn nämlich alle Raüme um die Erde herum, welche nicht vom irdischen Stoffe eingenommen werden, leer wären, d. h. nichts ausser dem Körper enthielten, welcher die Bewegung der andern Körper auf keine Weise hemmt oder fördert, (so kann nämlich der Name Leere nur verstanden werden), und indessen die Erde in 24 Stunden durch eigene Bewegung um ihre Achse gedreht würde, so würden alle ihre Teile, welche nicht sehr fest verbunden wären, dem Himmel zugeschleudert werden. Aehnlich wird der Sand, welcher auf einen drehenden Kreisel geworfen

*) Es sind wahrscheinlich die beiden Stücke des Ringes gemeint.

wird, sofort von ihm entfernt und nach allen Seiten versäet (21). Da aber keine solche Leere ist, und die Erde nicht durch eigene Bewegung getrieben, sondern von dem himmlischen Stoff, welcher alle ihre Poren durchdringt, fortgerissen wird, so gleicht sie einem ruhenden Körper. Aber bis der himmlische Stoff sich ganz in die Bewegung fügt, mit welcher er die Erde davonträgt, hat sie weder Schwere noch Leichtigkeit. Da nun ihre Teile mehr Bewegung haben, als sie dabei brauchen, und daher immer bei der Ankunft auf die Erde durch deren Fliehkraft beeinträchtigt werden, so entfernen sie sich von ihr, so viel sie können, worin ihre Leichtigkeit besteht (22). Doch kann die Kraft, welche die einzelnen Teile des himmlischen Stoffes haben, um sich von der Erde zu entfernen, zufällig ihre Wirkung nur haben, wenn dieselben aufwärts steigen, und dann andere irdische Teile an ihre Stelle treten und sich abwärts drücken und drängen. Alle Raüme, welche um die Erde herum sind, werden entweder von Teilen irdischer Körper oder vom himmlischen Stoff eingenommen; und wie alle Kügelchen ihres himmlischen Stoffes haben sie das gleiche Bestreben, sich von ihr zu entfernen. Aehnlich haben die einzelnen keine Kraft, um andere an ihre Stelle hinzutreibon, sondern da ein solches Bestreben nur dann stark ist in den Teilen irdischer Körper, wenn sie andere aus ihnen über sich haben, so müssen sie nur an ihnen diese ihre Kraft ausüben. So wird die Schwere irgend eines irdischen Körpers nicht eigentlich von jedem ihn umfliessenden, himmlischen Stoff bewirkt, sondern gerade nur von demjenigen Teile desselben, welcher beim Niedersinken des Körpers unmittelbar an dessen Stelle steigt und deswegen ihm an Grösse ganz gleich ist (23). Damit diese Rechnung stimmt, ist zu erwägen, in den Gängen eines schwebenden, irdischen Körpers ist auch etwas himmlischer Stoff, welcher sich einer gleichen Menge des ähnlichen, himmlischen Stoffes entgegensetzt, der in der Luftmasse enthalten ist und sie ruhig macht; ebenso sind in der Luftmasse einige irdische Teile, welche gleichvielen andern irdischen Teilen des Körpers das Gleichgewicht halten und weiter nichts bewirken. Werden aber diese auf beiden Seiten abgezogen, so wirkt der Rest des himmlischen Stoffes von jener Luftmasse auf den Rest der irdischen Teile jenes Körpers; und darin besteht seine Schwerkraft (24). Die Menge der Schwerkraft entspricht nicht der Menge des Stoffes eines beliebigen Körpers. So ist das

Gold 20 mal schwerer als gleichviel Wasser und enthält bloss 4 bis 5 mal so viel irdischen Stoff (25). In einem beliebig tiefen und weiten Gefäss werden die untern Tropfen des Wassers oder irgend einer Flüssigkeit von den obern nicht gedrückt, auch werden die einzelnen Teile des Bodens nur von so vielen Tropfen gedrückt, als senkrecht über ihnen aufliegen (26). Obschon die Teilchen des himmlischen Stoffes zugleich von verschiedenen Bewegungen angetrieben werden, so vereinigen sie ihre gesamten Einflüsse, wie wenn sie sich gegenseitig aufhöben und also im Gleichgewicht wären, so dass einzig daraus, dass die Erdmasse mit ihrem Widerstande sich ihren Bewegungen widersetzt, sie sich gleichmässig bestreben, sich aus ihrer Nähe, gleichsam aus dem Mittelpunkte, zu entfernen, wodurch dann die irdischen Stoffe nach unten gedrängt werden und gegen den Mittelpunkt der Erde drücken (27).

37. Die Gezeiten. Die regelmässige, sich von Osten nach Westen fortpflanzende Bewegung, wornach das Meer zweimal im Tage sich hebt und senkt, beruht auf folgenden Voraussetzungen: Dass der kleinere Wirbel der Erde nicht ganz kugelförmig, sondern etwas plattgedrückt sei; dass derjenige Durchmesser des Wirbels, wo der Mond voll oder leer werde, gerade am kleinsten sei (51); und endlich dass der Mittelpunkt des Wirbels zwischen den Mittelpunkt der Erde und ihre Oberfläche und zwar in der Richtung gegen den Mond falle. Dadurch entstehen für den himmlischen Stoff, der viel schneller rotirt als Erde und Mond, 2 enge Durchgänge, wo eben die Radien des Wirbels kleiner sind, also in der Richtung gegen den Mond und in der entgegengesetzten Richtung. An diesen Stellen werden je Luft und Wasser der Erde zusammengedrückt, wodurch die Ebbe entsteht und an den 90° davon entfernten Punkten können sich Luft und Wasser wieder gehörig ausdehnen, wodurch sich die Flut bildet (49). Nun ist aber derjenige Teil der Erde, welcher unter dem Mond ist und Ebbe hat, in 6 Stunden an der Stelle, wo er Flut hat u. s. w. Der Mond macht in Monatsfrist denselben Umlauf und verändert sich täglich soviel, das derselbe Teil der Erde das nächste Mal erst wieder nach 24 Stunden 48 Minuten unter dem Mond steht und somit die Wasser des Meeres je ungefähr 6 1/5 Stunden steigen und fallen (50). Da der Mond in der Nähe der Ekliptik verbleibt, die Erde aber täglich nach der Ebene ihres Aequators gedreht

wird, und diese beiden Ebenen sich in den Nachtgleichen durchschneiden, so folgt daraus, dass die Gezeiten um den Anfang des Frühlings oder des Herbstes am grössten sein müssen (52). Da die Erde sich von Westen nach Osten dreht, so müssen Wasser und Luft in fortwährendem Laufe aus den östlichen Teilen der Erde in die westlichen getragen werden (53). Dadurch sind grosse Seefahrten gegen Osten viel langsamer und schwieriger und fliesst das Wasser in gewissen Meerengen gegen Westen und spüren endlich diejenigen Gegenden, welche das Meer im Osten haben, wie Brasilien, die Sonnenhitze nicht so sehr wie diejenigen, welche gegen Osten grosse Länderstrecken und gegen Westen das Weltmeer haben, wie Guinea, weil die Seeluft kälter ist als die Landluft (54). Seen und Teiche, die mit dem Weltmeer nicht zusammenhängen, haben keine Gezeiten, da ihre einzelnen Stellen der Oberfläche nicht weit genug auseinander liegen, um durch den Einfluss des Mondes von dem himmlischen Stoff am einen Ort mehr gedrückt zu werden als am andern. Wie durch die Ungleichheiten der Meerbusen und anderer Einbiegungen, womit das Weltmeer begrenzt ist, die Zu- und Abnahme der Fluten an verschiedene Orte zu verschiedenen Stunden hingelangt, so entstehen daraus unzählige Verschiedenheiten (55). Auf hoher See ist um 6 Uhr Morgens und Abends bei Neu- und Vollmond Flut und um 12 Uhr Ebbe. Je nachdem nun das Ufer näher oder ferner, die Wasserwege gerade oder krumm, breit oder schmal, tief oder seicht sind, so wird die Bewegung schneller oder langsamer, stärker oder schwächer mitgeteilt werden (56).

38. Das goldene Zeitalter Ludwigs XIV. Als Ludwig XIV., welcher 1643 den Thron erbte, 1661 die Zügel seiner Regierung in die starke Hand nahm, war er umgeben von guten Staatsmännern und Feldherren. Auf dem Gipfel der absoluten Macht unterstützte er grossartig Kunst und Wissenschaft. Die Dichtkunst kam auf ihren Höhepunkt, eine Menge Prachtbauten wurden aufgeführt, mit Bildsaülen und Gemälden geschmückt, fremde Gelehrte wurden nach Paris berufen. Französisches Wesen wurde tonangebend, französische Mode, Sprache und Literatur weltbeherrschend.

Die französische Akademie der Wissenschaften datirt vom Jahr 1666. Eine Sternwarte wurde 1667—1671 errichtet, wo neben

dem ausgezeichneten Picard fremde Gelehrte wirkten wie Cassini, Huygens und Römer.

Jean Picard (1620—1682) führte 1669 und 1670 eine Gradmessung aus. Er verschaffte sich eine Abschrift der tychonischen Beobachtungen und bestimmte damit die Länge der Uranienburg gegenüber Kopenhagen und Paris.

Domenico Cassini (1625—1712), aus der damals italienischen Grafschaft Nizza, hatte die Umlaufszeit der Venus genau bestimmt. Er wurde als Direktor der Sternwarte nach Paris berufen, wo er für die Astronomie Grosses leistete. Er wollte auch die Sonnenparallachse aufsuchen, was ihm nicht ganz nach Wunsch gelang. Er hatte den glücklichen Gedanken, dass sie nicht über 9 Sekunden betrage. Von ihm rühren u. a. die Entdeckung von 4 Saturnsatelliten und die Bestimmung der Achsendrehung Jupiters. In gleicher Eigenschaft folgten ihm später sein Sohn, sein Enkel und Urenkel. Zur Schreckenszeit wurde Cassini IV ins Gefängnis geworfen.

Christian Huygens (1629—1695), aus dem Haag gebürtig, erfand die Wahrscheinlichkeitsrechnung, erstellte die erste Pendeluhr, verfertigte grössere Fernröhren, deutete den Saturnring (1659) und entdeckte zufällig den ersten Saturntrabanten (1655). Im Jahr 1681 verliess er Paris.

Olaf Römer (1644—1710) wirkte zuerst auf der Sternwarte in Kopenhagen, wurde nach Paris berufen, wo er bis 1681 verblieb. Wahrscheinlich wurde damals am französischen Hofe die Luft zu schwül für die Reformirten; denn 4 Jahre später wurde das Edikt von Nantes aufgehoben. Römer hat mit Hülfe der Jupitertrabanten die Geschwindigkeit des Lichtes berechnet.

In dieser Entwicklungszeit der pariser Sternwarte bestimmte Louis Feuillée den Längenunterschied bis zur Insel Ferro, fand Richer die Länge des Sekundenpendels abhängig von der geographischen Breite, bemerkte Maraldi die weissen Flecken an den Marspolen u. s. w.

Durch das kopernikanische System erkannte man neben der Sonne 6 eigentliche Planeten und einen Trabanten, den Erdmond, Galilei fand die 4 Jupitertrabanten, Huygens den ersten Saturntrabanten, dem Cassini 1671 noch einen zweiten beigesellte. Es schien ein denkwürdiger Umstand, als man neben den 7 grössern Weltkörpern unsers Systems noch 7 kleinere Begleiter vorfand

und ihre Gesamtzahl mit der Zahl, womit der Herrscher seinen Namen begleitete, übereinstimmte. Diese Tatsache wurde durch eine Denkmünze verherrlicht. Indessen fand Cassini 1672 noch einen Saturntrabanten und 1684 noch 2 andere. Damit kannte man im Sonnensystem neben der Sonne und den 6 Planeten noch 10 Trabanten und einen Ring.

39. Die Mängel der Wirbeltheorie. Die kartesianische Philosophie schlug in der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts immer mehr Wurzeln; die Peripatetiker wurden immer mehr aus dem Felde gedrängt. Auch die Wirbeltheorie kam zu grossem Ansehen, ja sogar zu einer Art Alleinherrschaft. Das lässt sich gut aus den aüssern Verhältnissen erklären. Die Sphären des Aristoteles waren durch die kopernikanische Lehre unbrauchbar geworden. Es war also nicht auffallend, dass man auch seine andern Ansichten angriff, wie es von Descartes geschah. Aristoteles kennt die 4 Elemente, Erde, Wasser, Luft und Feuer, welche in derselben Reihenfolge auf einander ruhen, so dass das Feuer als das oberste, edelste und lebhafteste erscheint, und über sich nur die Sterne und die himmlische Materie hat, worin die Planeten schweben. Descartes behalf sich mit 3 Elementen eigentümlicher Art. Nach Aristoteles teilen die 4 Elemente brüderlich die 4 Eigenschaften: Die Erde ist kalt und trocken, das Wasser kalt und feucht, die Luft warm und feucht, das Feuer warm und trocken. Die verschiedensten Versuche, welche damals besonders über Wasser, Luft und Feuer gemacht wurden, mussten die Unhaltbarkeit und Unzulänglichkeit dieser Ansichten offenbar machen.

Aber auch die kartesianischen Behauptungen wurden bald angegriffen, weil tüchtige Forscher sie fest ins Auge fassten. Schon durch die Zweifel, wozu die neue Philosophie aufforderte, und noch mehr durch unermüdliche Beobachtungen wurden immer mehr Mängel an der Wirbeltheorie entdeckt.

Ich will einige anführen, welche von französischen Kartesianern in der 2. Hälfte des 17. Jahrhunderts herausgefunden wurden.

Da die Stoffe aller 3 Elemente eines Wirbels sich im Kreise herumdrehen, so müssen sie sich auch bestreben immer weiter vom Mittelpunkte zu kommen. Diejenigen, welche für die Bewegung geeigneter sind, müssen die andern überflügeln und sich

an die Aussenseite des Wirbels bewegen. Das sollte vorzugsweise der Fall sein mit dem Stoff des 1. und 2. Elementes, der zur Bewegung weit geeigneter ist als derjenige des 3. Elementes. Trotzdem soll der Stoff des 1. Elementes mehr im Mittelpunkte der Wirbel vorkommen als der des 3. Elementes.

Wie soll man einsehen, dass die Ueberreste der Sonnenflecken, welche für die Bewegung sehr ungeeignet sind, sich noch weiter von der Oberfläche der Sonne entfernen und einen Aether, eine Dunsthülle bilden, die sich bis zum Merkur erstreckt?

Da die Fixsterne nicht auf der Oberfläche derselben Kugel sind, noch gleichweit von uns abstehen, und anderseits das Licht in der Anstrengung besteht, welche der Stoff des 1. Elementes macht, um sich vom Mittelpunkte eines Wirbels zu entfernen, ferner das gegen einen Stern gerichtete Auge denselben offenbar nicht sehen kann; wenn endlich das Licht der entferntern Sterne erst in unser Auge gelangt, wenn es mehrere andere Wirbel durchlaufen hat, die sich in sehr verschiedenen Richtungen drehen müssen, so ergibt sich unzweifelhaft, dass anstatt der unzähligen Sterne, welche am Himmel glänzen, wir mit den besten Fernröhren nicht einmal 100 derselben erblicken könnten.

Nach dem Fundamentalsatz könnte die Erde gar keinen Wirbel mehr haben, jedenfalls denjenigen nicht mehr, den sie seinerzeit als Fixstern hatte; denn ein Stern kann nur dann zu einem Kometen oder Planeten herabsinken, wenn er seinen Wirbel verliert. Wie hat denn die Erde einen neuen Wirbel bekommen können? Da von diesem letztern fast die ganze kartesianische Physik abhängt, da er gleichsam das Hauptrad der Maschine bildet, so hätte er auf eine gute Grundlage gestellt werden sollen.

Die himmlische Materie, welche den Planeten um die Sonne herum mitreisst, geht schneller als der Weltkörper und setzt ihm keinen Widerstand entgegen, der als Schwerkraft wirken könnte. Ein Stein, der in die Luft geschleudert wird, bekommt ein gleiches Volumen Stoff des 2. Elementes unter sich. Nun wird einerseits diesem Stoff mehr Beweglichkeit zugeschrieben, so dass er mit grösserer Kraft sich vom Mittelpunkt des Wirbels entferne als der Stein, welcher beinahe einzig dem dritten Element angehört. Es muss also der Stein mit Hülfe des Wirbels fallen, was immerhin seltsam genug ist. Anderseits wird aber demselben Stoff des 2. Elementes die Rolle übertragen, von allen Seiten her auf

die Erde zu drücken, damit die einzelnen Teile derselben, welche durch die drehende Bewegung sonst in Stücke zerstaüben müssten, ihr erhalten bleiben.

Die Bedingungen, welche Descartes an die Gezeiten knüpft, sind so künstlich abgewogen, dass kein Schauspieldichter je die einzelnen Teile seines Stückes besser auf einander bezogen hat, um die Vorgänge zu erklären. Schade, dass diese Bedingungen nicht mit den Tatsachen stimmen. So zeigen die Beobachtungen durch die Veränderungen des scheinbaren Durchmessers, dass der Mond bald der Erde näher oder ferner steht, ohne Rücksicht auf Neumond oder Quadratur, während Descartes auf die einzige Vermutung, dass Neu- und Vollmond weniger von der Erde abstehe als die Viertel, die Ungleichheiten der Gezeiten erklärt, welche sich in Syzygien und Quadraturen, und auch in Nachtgleichen und Sonnenwenden zeigen. Es müsste auch, wenn der Mond durch den Meridian geht, der Luftdruck nach Descartes so empfindlich stärker werden, dass er an der Luftwage beobachtet würde.

Kapitel 6.

Die newtonische Theorie.

40. Newton. Der Erste, welcher sich an die Beantwortung der Frage machte, warum die Körper zur Erde fallen, war Epikur (—300). Er glaubte, die Ursache davon liege in einer allen Körpern innewohnenden Eigenschaft, der Schwere. Nun handelt es sich, Denjenigen näher kennen zu lernen, der diese Ansicht am weitesten ausbildete, jene Eigenschaft sogar auf die Weltkörper ausdehnte und daraus ihre Bewegungen ableitete. Isaak Newton (1642—1727) vertiefte sich früh in die mathematischen Werke seiner Zeit, besonders in die „Arithmetica infinitorum" von Wallis, wodurch er zur Erweiterung des Binoms und zur Entdeckung der Fluxionslehre kam. Er fand nämlich (1664 und 1665), dass der binomische Satz nicht bloss für ganze positive, sondern auch für gebrochene und negative Zahlen richtig sei, und kam damit zu einem neuen Mittel, aus dem allmäligen Anwachsen der Grössen

auf ihren Wert zu schliessen. 18 Jahre später machte Leibnitz dieselbe Entdeckung unter einer andern Form, welche den Namen Differentialrechnung trägt.

Newton verbesserte auch die Spiegeltelescope und beschrieb das durch ein Glasprisma entstandene Farbenspektrum.

Doch seine Hauptrolle bestand in der allgemeinen Schwere. Ein fallender Apfel soll ihn 1666 auf die Frage gebracht haben, welchen Einfluss die Erde auf den Mond ausübe. Er vermutete, die Anziehung sei abhängig von der Erdmasse und nehme mit dem Quadrat der Entfernung ab. Newton prüfte seinen Einfall nach den bekannte Faktoren; die Rechnung stimmte aber nicht. Da kehrte er wieder zur Wirbeltheorie zurück und unterliess weitere Nachforschungen über diesen Punkt.

Jene Faktoren waren einerseits der Mondabstand, welcher damals schon ziemlich richtig ermittelt war, und anderseits die Grösse der Erde, welche man weniger genau kannte. Das 17. Jahrhundert hatte zwar mehrere Gradmessungen vorgenommen; aber die Ergebnisse waren noch nicht befriedigend. Snellius bestimmte 1617 einen Meridiangrad in Holland (Alkmar) zu 55,100 Toisen, Norwood 1635 in England (York) zu 57,300 Toisen, Riccioli und Grimaldi 1645 in Italien zu 62,650 Toisen. Im Juni 1682 hörte Newton zufällig von Picard's neuer Gradmessung, welche einen grössern Wert ergeben hatte. Sofort machte er sich wieder an die Rechnung, welche diesmal stimmte. Nun verfasste er sein Hauptwerk, welches 1687 erschien: „Philosophiæ naturalis principia mathematica". Nach demselben bedingt die Masse eines Weltkörpers den Fall der Körper auf seiner Oberfläche und seine Bewegung im Weltengetriebe, und kann man umgekehrt aus der Anziehung auf die Masse und bei gegebener Grösse auf die Dichtigkeit schliessen. Von diesem Werke benutzte ich die Ausgabe von Amsterdam 1723, welche schon verschiedene Abänderungen und Verbesserungen enthält. Es zerfällt in 3 Bücher, von denen die 2 ersten über die Bewegungen der Körper und das 3. über das Weltsystem handeln. Dem Ganzen sind Definitionen und Grundsätze vorangestellt. Jch will in einigen Nummern einen geeigneten Auszug zu machen versuchen. Dabei ist noch zu bemerken, das 1. und 2. Buch gliedern sich vorerst in Abteilungen, welche in Lemmata und Propositionen, letztere wieder in Lehrsätze und Aufgaben zerfallen. Das dritte Buch enthält vorerst die Regeln zum Philo-

sophiren, dann die Himmelserscheinungen, endlich die Propositionen und Lemmata.

41. Die Definitionen. 1. Die Menge des Stoffes ist das Mass desselben, welches aus dessen Dichtigkeit und Grösse sich ergibt.

2. Die Menge der Bewegungen ist das Mass derselben, welches von der Geschwindigkeit und Menge des Stoffes zusammen sich ergibt.

3. Die dem Stoff innewohnende Kraft ist die Gewalt des Widerstandes, mit welcher ein beliebiger Körper, so lange sie ihn beherrscht, in seinem Zustand verbleibt, entweder in der Ruhe oder in der gleichförmig geraden Bewegung.

4. Die mitgeteilte Kraft ist die auf den Körper ausgeübte Tätigkeit, um dessen Zustand der Ruhe oder der gleichförmig geraden Bewegung zu verändern.

5. Die Anziehung ist diejenige Kraft, vermittelst welcher die Körper gegen einen beliebigen Punkt als Mittelpunkt gezogen und getrieben werden oder auf irgend eine Weise streben.

Zu dieser Art gehört die Schwerkraft, vermittelst welcher die Körper nach dem Mittelpunkt der Erde streben; und auch jene Kraft, wie sie auch beschaffen sei, vermittelst welcher die Planeten immerwährend von den geraden Bewegungen abgelenkt werden, und sich in krummen Linien drehen müssen.

6. Die absolute Menge der Anziehungskraft ist das grössere oder kleinere Mass derselben für die Wirksamkeit der sich vom Mittelpunkt auf die verschiedenen Richtungen gegen den Umfang fortpflanzenden Ursache.

So ist die magnetische Kraft je nach der Grösse des Magneten oder nach der Mitteilung der Eigenschaft im einen Magneten grösser, im andern kleiner.

7. Die beschleunigende Menge der Anziehungskraft ist das der Geschwindigkeit proportionale Mass derselben, welches sie in gegebener Zeit hervorbringt.

Wie die Kraft desselben Magneten grösser in geringer Entfernung und geringer in grösserer, so ist die Schwerkraft grösser in den Tälern und geringer auf den Gipfeln sehr hoher Berge und noch geringer (wie nachher klar wird) in grössern Entfernungen von der Erdkugel, aber in gleichen Entfernungen von allen Seiten dieselbe; weswegen sie alle fallenden Körper (die schweren und

die leichten, die grossen und die kleinen), wenn der Widerstand der Luft gehoben ist, gleichermassen beschleunigt.

8. Die bewegende Menge der Anziehungskraft ist das der Bewegung proportionale Mass derselben, welches von ihr in gegebener Zeit erzeugt wird.

So ist das Gewicht grösser bei einem grössern Körper und kleiner bei einem kleinern, und bei demselben Körper grösser nahe an der Erde und kleiner am Himmel. Diese Menge ist die Anziehungskraft des ganzen Körpers oder das Gewicht, welches sich aus der ihr entgegengesetzten, aber gleichen Kraft ergibt, mit welcher der Fall des Körpers verhindert werden kann.

Diese Kräfte werden nicht physisch, sondern nur mathematisch betrachtet. Der Leser hüte sich also, bei solchen Ausdrücken zu meinen, dass ich irgendwo die Art und Weise oder die Ursache oder den natürlichen Grund einer Bewegung erkläre.

Anmerkung. Zeit, Raum, Ort und Bewegung erkläre ich nicht, weil sie Jedermann wohlbekannt sind.

42. Grundsätze oder Gesetze der Bewegung. 1. Jeder Körper beharrt im Zustand der Ruhe oder der gleichförmig geraden Bewegung, bis er von mitgeteilten Kräften gezwungen wird, seinen Zustand zu verändern.

Die Geschosse beharren in ihren Bewegungen, bis sie vom Widerstand der Luft verzögert und von der Schwerkraft abwärts getrieben werden. Aehnlich wird der Kreisel von der Luft verzögert. Aber die Weltkörper, Planeten und Kometen behalten sowohl ihre fortschreitenden als kreisenden Bewegungen am längsten in denjenigen Raümen, welche ihnen am wenigsten Widerstand leisten.

2. Die Veränderung der Bewegung ist der mitgeteilten, bewegenden Kraft proportional und geschieht nach der Geraden, nach welcher jene Kraft mitgeteilt wird.

Wenn irgend eine Kraft eine beliebige Bewegung erzeugt, so wird die doppelte oder dreifache Kraft die doppelte oder dreifache Bewegung erzeugen; oder sie wird je zugleich und einmal oder je stufenweise und nach einander mitgeteilt werden. Und diese Bewegung wird (weil sie immer in der Richtung der zu erzeugenden Kraft bestimmt wird), insofern der Körper vorher bewegt war, entweder seiner gleichlaufenden Bewegung hinzugefügt, oder

von der entgegengesetzten abgezogen oder schief verstärkt und nach dem Ziele beider zusammengesetzt.

3. Die Wirkung ist immer der Rückwirkung entgegen und gleich, oder die Wirkungen zweier Körper auf einander sind sich gegenseitig immer gleich, aber nach verschiedenen Seiten gerichtet.

Wenn ein Ding das andere drückt oder zieht, so wird es von demselben ebenso stark gedrückt oder gezogen. Wenn Jemand den Stein mit dem Finger drückt, so wird auch der Finger vom Stein gedrückt.

Die Zusätze 1 und 2 handeln vom Parallelogramm der Kräfte.

Zusatz 3. Die Menge der Bewegung, welche erhalten wird, wenn man die Summe der nach derselben Richtung sich bewegenden Faktoren und den Unterschied der entgegengesetzten Faktoren nimmt, wird durch die Tätigkeit der Körper unter sich nicht verändert.

Zusatz 4. Der gemeinschaftliche Schwerpunkt zweier oder mehrerer Körper verändert durch die Wirkungen der Körper unter sich seinen Zustand der Bewegung oder Ruhe nicht; darum ruht entweder dieser gemeinschaftliche Mittelpunkt aller gegenseitig auf einander einwirkenden Körper (ausgenommen bei äussern Wirkungen und Hindernissen) oder er wird gleichmässig gerade fortbewegt.

Zusatz 5. Die Bewegungen der in einem gegebenen Raume eingeschlossenen Körper sind unter sich dieselben, ob jener Raum ruhe oder ob er gleichförmig gerade ohne Kreisbewegung fortbewegt werde.

Zusatz 6. Wenn Körper beliebig unter sich bewegt und von gleichen, beschleunigten Kräften parallel fortgetrieben werden, so bewegen sich alle auf dieselbe Weise unter sich, als ob sie von jenen Kräften nicht beeinflusst wären.

43. Die Abteilungen des 1. Buches. 1. Ueber die Methode der ersten und letzten Verhältnisse, mit deren Hülfe das Folgende bewiesen wird. Lemmata 1—11.

2. Ueber die Bestimmung der Anziehungskräfte. Propositionen 1—10 (nämlich Lehrsätze 1—5, Aufgaben 1—5), Lemma 12.

3. Ueber die Bewegung der Körper in exzentrischen Kegelschnitten. Prop. 11—17 (Lehrs. 6—8, Aufg. 6—9), Lemmata 13, 14.

4. Ueber die Bestimmung der elliptischen, parabolischen und

hyperbolischen Bahnen bei gegebenem Brennpunkt. Prop. 18—21 (Aufg. 10—13). Lem. 15 und 16.

5. Bestimmung der Bahnen, wo der Brennpunkt nicht gegeben ist. Prop. 22—29 (Aufg. 14—21), Lem. 17—27.

6. Ueber die Bestimmung der Bewegung bei gegebenen Bahnen. Prop. 30 und 31 (Aufg. 22 und 23), Lem. 28.

7. Ueber das gradlinige Steigen und Fallen der Körper. Prop. 32—39 (Lehrs. 9—12, Aufg. 24—27).

8. Ueber die Bestimmung der Bahnen, in welchen sich Körper bewegen, welche von beliebigen Anziehungskräften getrieben werden. Prop. 40—42 (Lehrs. 13, Aufg. 28 und 29).

9. Ueber die Bewegung der Körper in veränderlichen Bahnen und über die Bewegung der Absiden. Prop. 43—45 (Aufg. 30 und 31, Lehrs. 14).

10. Ueber die Bewegung der Körper auf gegebenen Oberflächen und von der gegenseitigen Bewegung der Pendel. Prop. 48—56 (Lehrs. 15—19, Aufg. 32—37).

11. Ueber die Bewegung der Körper mit gegenseitig nach dem Mittelpunkt strebenden Kräften. Prop. 57—69 (Aufg. 38—40, Lehrs. 20—29).

12. Ueber Anziehungskräfte bei kugelförmigen Körpern. Prop. 70—84 (Aufg. 41—43, Lehrs. 30—41), Lem. 29.

13. Ueber Anziehungskräfte bei nicht kugelförmigen Körpern. Prop. 85—93 (Aufg. 44—46, Lehrs. 42—47).

14. Ueber die Bewegung der kleinsten Körper, welche von anziehenden Kräften nach einzelnen Teilen irgend eines grossen Körpers bewegt werden. Prop. 94—98 (Aufg. 47 und 48, Lehrsätze 48—50).

44. Die Abteilungen des 2. Buches. 1. Ueber die Bewegung der Körper, welchen im Verhältnis der Geschwindigkeit Widerstand geleistet wird. Prop. 1—4 (Lehrs. 1 und 2, Aufg. 1 und 2), Lemma 1.

2. Ueber die Bewegung der Körper, welchen im doppelten Verhältnis der Geschwindigkeit Widerstand geleistet wird. Prop. 5—10 (Lehrs. 3—7, Aufg. 3), Lemma 2.

3. Ueber die Bewegung der Körper, welchen teils im Verhältnis der Geschwindigkeit, teils im doppelten Verhältnis derselben Widerstand geleistet wird. Prop. 11—14 (Lehrs. 8—11).

4. Ueber die Kreisbewegung der Körper in widerstrebenden Medien. Prop. 15—18, (Lehrs. 12 und 13, Aufg. 17 und 18), Lem. 3.

5. Ueber die Dichtigkeit und den Druck der Flüssigkeiten und über die Hydrostatik. Prop. 19—23 (Lehrs. 14—18).

Definition. Eine Flüssigkeit ist jeder Körper, dessen Teile irgend einer hineingebrachten Kraft nachgeben und dabei sich leicht unter einander bewegen.

6. Ueber Bewegung und Widerstand der Pendel. Prop. 24 bis 31 (Lehrs. 19—25, Aufg. 6).

7. Ueber die Bewegung der Flüssigkeiten und den Widerstand der Geschosse. Prop. 32—40 (Lehrs. 26—31, Aufg. 7—9), Lem, 4—7, Versuche 1—13.

8. Ueber die in Flüssigkeiten fortgepflanzte Bewegung. Prop. 41—50 (Lehrs. 32—38, Aufg. 10—12).

9. Ueber die Kreisbewegung der Flüssigkeiten. Prop. 51 bis 53 (Lehrs. 39—41).

Hypothese. Der Widerstand, welcher aus Mangel an leichter Verschiebbarheit der Teile einer Flüssigkeit entsteht, ist bei sonst gleichen Umständen der Geschwindigkeit proportional, mit welcher die Teile der Flüssigkeit von einander getrennt werden.

45. Proposition 52 des 2. Buches. 52. Wenn eine feste Kugel in einer gleichmässigen und unendlichen Flüssigkeit um eine nach Lage gegebene Achse mit gleichförmiger Bewegung gedreht und von ihrem Anstoss allein die Flüssigkeit im Kreise herum getrieben wird, und aber ein beliebiger Teil der Flüssigkeit in seiner Bewegung verharrt, so verhalten sich die periodischen Umlaufszeiten der Teile dieser Flüssigkeit wie die Quadrate ihrer Abstände vom Mittelpunkt der Kugel.

Zusatz 1. Darum verhalten sich die Winkelgeschwindigkeiten der Teile dieser Flüssigkeit um die Achse der Kugel umgekehrt wie die Quadrate ihrer Abstände vom Mittelpunkt der Kugel und die absoluten Geschwindigkeiten umgekehrt wie dieselben Quadrate zu den Abständen von der Achse.

Zusatz 2. Wenn die Kugel in einer ruhenden, gleichen und unendlichen Flüssigkeit sich um eine nach Lage gegebene Achse mit gleichförmiger Bewegung dreht, so wird sich die Bewegung der Flüssigkeit in einem Wirbel mitteilen und jene Bewegung wird

sich allmälig ins Unendliche fortpflanzen und die Beschleunigung der einzelnen Teile der Flüssigkeit wird nicht vorher aufhören, bis die Umlaufszeiten der einzelnen Teile sich wie die Quadrate ihrer Abstände vom Mittelpunkt der Kugel verhalten.

Zusatz 3. Weil die innern Teile des Wirbels wegen ihrer grössern Geschwindigkeit die aüssern reiben und stossen, und ihre Bewegung dadurch ihnen fortwährend mitteilen und die aüssern dieselbe Menge an andere, noch mehr nach aussen gelegene zugleich übertragen und die Menge ihrer Bewegung ganz unverändert erhalten, so folgt daraus, dass die Bewegung immerfort vom Mittelpunkt nach dem Umfang des Wirbels fortgepflanzt wird und sich im unendlichen Umkreis verliert. Der Stoff zwischen 2 beliebigen Kugeloberflächen des Wirbels kann nie beschleunigt werden, weil die ganze vom innern Stoff empfangene Bewegung immerfort an den aüssern übergeht.

Zusatz 4. Daher erfordert die Erhaltung des Wirbels, um beständig in demselben Zustand der Bewegung zu sein, irgend ein tätiges Prinzip, durch welches die Kugel immer dieselbe Menge der Bewegung empfange, welche sie dem Stoff des Wirbels mitteilt. Ohne ein solches Prinzip müssen die Kugel und die innern Teile des Wirbels, welche ihre Bewegung auf die aüssern Teile immer fortpflanzen und keine neue Bewegung empfangen, allmälig langsamer werden und auf den Kreis zu wirken aufhören.

Zusatz 5. Wenn eine andere Kugel in diesem Wirbel auf einer gewissen Entfernung vom Mittelpunkt des letztern mitschwämme und indessen um ihre nach Neigung gegebene Achse von irgend einer Kraft beständig gedreht würde, so müsste die Flüssigkeit mit deren Bewegung im Wirbel hingerissen werden und dieser neue und kleine Wirbel würde sich zusammen mit der ersten Kugel um den Mittelpunkt des andern drehen und gleichwohl dessen Bewegung weiter fortführen und allmälig ins Unendliche fortpflanzen nach Art des ersten Wirbels. Und aus demselben Grunde, aus welchem dessen Kugel von der Bewegung des andern Wirbels hingerissen würde, müsste auch die Kugel des andern von dessen Bewegung hingerissen werden, so dass beide Kugeln um einen dazwischen liegenden Punkt gedreht würden und sich gegenseitig wegen jener Kreisbewegung flöhen, ausser wenn sie von irgend einer Kraft gedrängt würden. Wenn dann später die beständig ausgeübten Kräfte, durch welche die Kugeln

in ihren Bewegungen verharren, aufhörten, und alles den mechanischen Gesetzen überlassen würde, so müsste allmälig die Bewegung der Kugeln langsamer werden (Grundsatz 3 und 4) und würden sich die Wirbel endlich zur Ruhe begeben.

Zusatz 6. Wenn mehrere Kugeln an gegebenen Orten um nach ihrer Lage gegebenen Achsen mit gewissen Geschwindigkeiten beständig gedreht würden, so entstünden ebenso viele ins Unendliche sich erstreckende Wirbel. Denn die einzelnen Kugeln werden aus demselben Grunde, aus welchem eine beliebige derselben ihre Bewegung ins Unendliche fortpflanzt, auch ihre Bewegungen ins Unendliche fortpflanzen, so dass ein beliebiger Teil der unendlichen Flüssigkeit von der Bewegung ergriffen würde, welche aus den Wirkungen aller Kugeln herrührt. Daher beschränken sich die Wirbel nicht auf bestimmte Grenzen, sondern dehnen sich allmälig gegenseitig aus und die Kugeln werden durch die Wirkungen der Wirbel auf einander aus ihren Orten bewegt, wie im vorhergehenden Zusatz erklärt wurde, und werden nur dann eine unter sich beliebig bestimmte Lage annehmen, wenn sie durch eine Kraft zurückgehalten werden. Wenn aber jene Kräfte aufhören, welche bei beständiger Mitteilung in den Kugeln diese Bewegungen unterhalten, so kommt der Stoff, aus dem in Zusatz 3 und 4 angegebenen Grunde allmälig zur Ruhe und wird endlich nicht mehr vom Wirbel bewegt.

Zusatz 7. Wenn eine ähnliche Flüssigkeit in ein kugelförmiges Gefäss eingeschlossen und wie in einem Wirbel mit der im Mittelpunkt sich befindlichen Kugel in gleichförmiger Drehung getrieben wird, und aber Kugel und Gefäss in demselbem Teile und um dieselbe Achse gedreht werden und sich ihre Umlaufszeiten wie die Quadrate ihrer Halbmesser verhalten, so werden die Teile der Flüssigkeit nicht eher in ihren Bewegungen, ohne Beschleunigung und Verzögerung beharren, als bis ihre Umlaufszeiten sich verhalten wie die Quadrate ihrer Abstände vom Mittelpunkt des Wirbels. Kein anderer Zustand des Wirbels kann dauerhaft sein.

Ueber diese letztere Art Wirbel handeln noch die Zusätze 8 bis 11. Aus der darnach folgenden Anmerkung ist die Schlussstelle noch besonders hervorzuheben: Durch diese Proposition bin ich bestrebt, den Wirbeln auf die Spur zu kommen, um zu sehen, ob man auf irgend eine Weise die Himmelserscheinungen durch

die Wirbel erklären könne. Denn es ist Tatsache, dass die Umlaufszeiten der Jupitertrabanten sich im anderthalbfachen Verhältnis der Abstände vom Mittelpunkt ihres Hauptkörpers verhalten und dieselbe Regel gilt für die Planeten um die Sonne. Es gelten diese Regeln auch für beide Weltkörper, wie die bisherigen, astronomischen Beobachtungen möglichst genau gezeigt haben. Wenn daher jene Monde von Wirbeln herumgedreht werden, welche um Jupiter und Sonne gehen, so müssen sich auch diese Wirbel nach demselben Gesetze drehen. Aber die Umlaufszeiten der Teile des Wirbels geschahen im doppelten Verhältnis der Abstände vom Mittelpunkt der Bewegung und es kann jenes Verhältnis nicht vermindert und auf das anderthalbfache Verhältnis beschränkt werden, ausser wenn entweder der Stoff des Wirbels um so flüssiger ist, je weiter er vom Mittelpunkt absteht, oder der Widerstand, welcher aus dem Mangel an Verschiebbarkeit der Teile jener Flüssigkeit entsteht, aus der vermehrten Geschwindigkeit, mit welcher die Teile der Flüssigkeit gegenseitig von einander getrennt werden, in einem grössern Verhältnis vermehrt wird als diese Geschwindigkeit. Indessen entspricht keines von beiden diesem Verhältnis. Die gröbern und weniger flüssigen Teile (ausser wenn sie im Mittelpunkt schwer sind) streben nach dem Umfang und es ist wahrscheinlich, dass, obgleich ich wegen Beweisen eine solche Hypothese im Anfang dieser Abteilung vorausgeschickt habe, wie der Widerstand der Geschwindigkeit proportional wäre, dennoch der Widerstand in einem geringeren Verhältnis steht als die Geschwindigkeit. Wird das zugegeben, so verhalten sich die Umlaufszeiten der Teile des Wirbels in einem grössern als doppelten Verhältnis der Abstände von deren Mittelpunkt. Wenn aber die Wirbel (wie die Meinung Einiger ist) am Mittelpunkt schneller, dann bis zu einer bestimmten Grenze langsamer, ferner wieder schneller am Umfang bewegt werden, so kann sicher weder das anderthalbfache, noch irgend ein anderes gewisses und bestimmtes Verhältnis erhalten werden. Ich überlasse es also den Philosophen, auf welche Weise sie jene Himmelserscheinung des anderthalbfachen Verhältnisses durch Wirbel erklären können.

46. Proposition 53 des 2. Buches. 53. Die Körper, welche, von einem Wirbel bewegt, im Kreise wiederkehren, sind von der-

selben Dichtigkeit mit dem Wirbel und werden nach demselben Gesetze mit dessen Teilen (sowohl an Geschwindigkeit als Bestimmung des Laufes) bewegt.

Denn wenn man annimmt, irgend ein kleiner Teil des Wirbels, dessen Teilchen oder physische Punkte die gegebene Lage unter sich beibehalten, gefriere, so wird derselbe, weil er weder durch seine Dichtigkeit, noch durch seine innewohnende Kraft, noch durch seine Gestalt verändert wird, sich nach demselben Gesetze wie ersterer bewegen; und dagegen, wenn der gefrorne und feste Teil des Wirbels von derselben Dichtigkeit mit dem übrigen Wirbel ist und in Flüssigkeit aufgelöst wird, so wird sich derselbe nach demselben Gesetze wie ersterer bewegen, wenn nicht dessen schon flüssig gewordene Teilchen unter sich bewegt werden. Wenn also die Bewegung der einzelnen Teilchen unter sich vernachlässigt wird, als ob sie die fortschreitende Bewegung des Ganzen nichts angehe, so wird die Bewegung des Ganzen dieselbe sein wie erstere. Aber die Bewegung wird dieselbe bleiben mit der Bewegung anderer, vom Mittelpunkte gleichmässig abstehender Teilchen des Wirbels, weil das Feste, in Flüssigkeit verwandelt, zu einem dem übrigen Wirbel gleichen Teile wird. Darum wird der feste Teil, wenn er von derselben Dichtigkeit ist wie der Stoff des Wirbels, mit dessen Teilen dieselbe Bewegung mitmachen, indem er in dem zunächst herumgehenden Stoff gleichsam ruht. Wenn er aber dichter ist, so wird er sich schon mehr bestreben, sich vom Mittelpunkt des Wirbels zu entfernen als früher; und so wird er jene Kraft des Wirbels, mit welcher er zuerst in seiner Bahn, gleichsam ins Gleichgewicht versetzt, zurückgehalten wird, übertreffen, vom Mittelpunkt fliehen und beim Drehen eine Spirale beschreiben, indem er nicht mehr in denselben Kreis zurückkehrt. Wenn er aber leichter ist, so wird er aus demselben Grunde sich dem Mittelpunkte nähern. Also wird er nicht mehr in denselben Kreis zurückkehren, als wenn er mit der Flüssigkeit gleiche Dichtigkeit hat. Aber in demselben Falle ist gezeigt worden, dass er sich nach demselben Gesetze mit den vom Mittelpunkt des Wirbels gleich abstehenden Teilen drehe. W. Z. B. W.

Zusatz 1. Also ruht relativ der feste Körper, welcher sich mit dem Wirbel dreht und in demselben Kreis wiederkehrt, und schwimmt in der Flüssigkeit mit.

Zusatz 2. Und wenn der Wirbel an Dichtigkeit gleich-

förmig ist, so kann derselbe Körper sich in einem beliebigen Abstand vom Mittelpunkt des Wirbels drehen.

Anmerkung zum Schluss der 2. Buches. Daher wird klar, dass die Planeten nicht von körperlichen Wirbeln bewegt werden. Denn die Planeten drehen sich nach der kopernikanischen Hypothese um die Sonne in Ellipsen, deren Brennpunkte in der Sonne liegen und deren Lichtstrahlen den Zeiten proportionale Flächen beschreiben. Aber die Teile eines Wirbels können nicht in solcher Bewegung gedreht werden. Denken wir uns 3 Kreise um die Sonne beschrieben, von denen der äusserste mit der Sonne konzentrisch sei, die beiden innern aber, von der Sonne aus gesehen, ihre Aphelien auf dieselbe Seite haben. Nun wird der Weltkörper, welcher den äussersten Kreis beschreibt, mit dem zur Sonne gezogenen Radius den Zeiten proportionale Flächen beschreiben und sich ganz gleichmässig fortbewegen. Aber der ihm zunächst gelegene Weltkörper wird sich in der Sonnenferne langsamer und in der Sonnennähe schneller bewegen nach den astronomischen Gesetzen. Indessen muss sich nach den mechanischen Gesetzen der Stoff des Wirbels im engern Raume, wohin die Sonnenferne zwischen den beiden äussern Bahnen fällt, schneller bewegen als in dem weitern Raume, wohin die Sonnennähe fällt; d. h. in der Sonnenferne schneller als in der Sonnennähe. Diese beiden Dinge widersprechen sich. So verhält sich im Anfang des Zeichens der Jungfrau, wo das Aphel des Mars statthat, der Abstand der Bahnen des Mars und der Venus zum Abstand derselben Bahnen im Anfange der Fische wie beinahe 3 : 2, und deshalb muss der Stoff des Wirbels zwischen jenen Bahnen im Anfang der Fische schneller sein als im Anfang der Jungfrau im Verhältnis 3 : 2. Denn je enger der Raum ist, durch welchen dieselbe Stoffmenge in derselben Zeit einer Umdrehung geht, mit desto grösserer Geschwindigkeit muss sie gehen. Wenn also die Erde sich in diesem himmlischen Stoffe relativ ruhend fortbewegt, und zusammen um die Sonne gedreht würde, so wäre deren Geschwindigkeit im Anfang der Jungfrau im anderthalbfachen Verhältnis. Daher wäre die tägliche, scheinbare Bewegung der Sonne im Anfang der Jungfrau grösser als 70 Minuten und im Anfang der Fische kleiner als 48. Indessen ist nach dem Zeugnis der Erfahrung jene scheinbare Bewegung der Sonne im Anfang der Fische grösser als im Anfang der Jungfrau und deshalb die Erde schneller im Anfang

der Jungfrau als im Anfang der Fische. Somit widerstreitet überall die Wirbeltheorie den astronomischen Erscheinungen, und führt nicht zur Erklärung, sondern zur Verwirrung der himmlischen Bewegungen. Wie aber diese Bewegungen in freien Raümen ohne Wirbel stattfinden, kann man aus dem 1. Buche und aus dem Weltsystem vollständig entnehmen.

47. Die Regeln zum Philosophiren. 1. Man soll nicht mehr Ursachen für die natürlichen Dinge annehmen, als ihrer in Wirklichkeit sind, und als man zu den zu erklärenden Erscheinungen braucht.

Es sagen also die Philosophen, die Natur mache nichts vergeblich oder unnütz, und vergeblich sei, was mit einem grössern Aufwand geschehe, als nötig sei. Die Natur ist nämlich einfach und treibt mit überflüssigen Ursachen keinen Prunk.

2. Deswegen sind die Ursachen dieselben bei den natürlichen Wirkungen derselben Art.

So die Atmung bei Menschen und Tieren, der Fall der Steine in Europa und Amerika, das Licht im Küchenfeuer und auf der Sonne, die Strahlung des Lichtes auf der Erde und auf den Planeten.

3. Die Eigenschaften solcher Körper, welche nicht vorgewiesen und abgelöst werden können, und welche allen Körpern eigen sind, an denen Versuche vorgenommen werden können, sind aus den Eigenschaften der allgemeinen Körper zu entnehmen.

Denn die Eigenschaften der Körper können nur durch Versuche erkannt werden, und daher sind die allgemeinen Eigenschaften aus so vielen festzustellen, wie mit den Versuchen im Allgemeinen übereinstimmen. Sie können aber nicht vermindert oder ganz übergangen werden. Gegen das Ergebnis der Versuche lassen sich aber sicher keine verwegenen Traümereien erfinden, auch darf man nicht von der Uebereinstimmung der Natur abgehen; denn diese ist einfach und bleibt sich selbst getreu. Die Ausdehnung der Körper kann auch nur durch die Sinne wahrgenommen werden und lässt sich nicht an allen wahrnehmen. Aber weil sie denjenigen eigen ist, welche wir mit den Sinnen wahrnehmen, so schreiben wir sie allen zu. . . . Ausdehnung, Festigkeit, Undurchdringlichkeit, Beweglichkeit und Beharrungsvermögen des Ganzen ergibt sich aus der Ausdehnung, Festigkeit, Undurch-

dringlichkeit, Beweglichkeit und dem Beharrungsvermögen der einzelnen Teile; und folglich schliessen wir, dass alle kleinsten Teile aller Körper Ausdehnung und Festigkeit haben, undurchdringlich und beweglich seien und Beharrungsvermögen besitzen. Das ist die Grundlage der ganzen Philosophie. . . .

Wenn endlich alle Körper des Erdkreises gegen die Erde gezogen werden nach ihrer Stoffmenge, und der Mond gegen die Erde gezogen wird nach seiner Stoffmenge, und ebenso unser Meer vom Mond angezogen wird und alle Planeten sich gegenseitig anziehen und die Anziehung der Kometen ähnlich ist, so ist durch Versuche und astronomische Beobachtungen im Allgemeinen augenscheinlich, dass mit dieser Regel gesagt werden kann, dass alle Körper sich gegenseitig anziehen. So ist denn der Beweis aus den Himmelserscheinungen über die allgemeine Schwere stärker als über die Undurchdringlichkeit der Körper, über welche wir an den Himmelskörpern sicherlich keinen Versuch, und gar keine Beobachtung haben.

48. Die Himmelserscheinungen. 1. Wenn die Jupitertrabanten durch Radien mit dem Mittelpunkt Jupiters verbunden werden, so beschreiben sie den Zeiten proportionale Flächenraüme und ihre periodischen Umlaufszeiten sind im anderthalbfachen Verhältnis ihrer Abstände von dessen Mittelpunkt.

	Abstand.	Umlaufszeit.
1. Mond	5,667	1 Tag 18 Std. 27 M. 34 Sk.
2. „	9,017	3 „ 13 „ 13 „ 42 „
3. „	14,384	7 „ 3 „ 42 „ 36 „
4. „	25,299	16 „ 16 „ 32 „ 9 „

Bemerkung. Die Abstände sind in Halbmessern Jupiters angegeben; heute werden sie zu 6,05, 9,62, 15,35, 26,00 angegeben. Die Zeiten sind genau.

2. Entsprechend für die Saturntrabanten.

	Abstand.	Umlaufszeit.
1. (3.) Mond	1,95	1 Tag 21 Std. 19 Mt.
2. (4.) „	2,50	2 „ 17 „ 41 „
3. (5.) „	3,52	4 „ 13 „ 47 „
4. (6.) „	8,09	15 „ 22 „ 41 „
5. (8.) „	23,71	79 „ 22 „ 4 „

Bemerkung. Die Abstände sind nach Cassini in Halbmessern des Ringes angegeben.

3. Die 5 Planeten Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn beschreiben ihre Bahnen um die Sonne.

Diese Planeten zeigen Lichtgestalten.

4. Die Umlaufszeiten dieser 5 Planeten und der Erde stehen im anderthalbfachen Verhältnis ihrer mittlern Sonnenabstände.

Die mittlern Abstände der Planeten von der Sonne betragen also bei

	nach Kepler	nach der Umlaufszeit
Saturn	951000	953806
Jupiter	519650	520116
Mars	152350	152399
Erde	100000	100000
Venus	72400	72333
Merkur	38806	38710

5. Wenn die Planeten durch Radien mit der Erde verbunden werden, so beschreiben sie keineswegs den Zeiten proportionale Flächen. Das geschieht nur, wenn sie durch Radien mit der Sonne verbunden werden.

6. Wenn der Mond durch einen Radius mit dem Mittelpunkt der Erde verbunden wird, so beschreibt er eine der Zeit proportionale Fläche.

49. Propositionen 1—8 des 3. Buches. 1. Die Kräfte, mit welchen die Jupitertrabanten immerfort von den geradlinigen Bewegungen abgelenkt und in ihren Bahnen zurückgehalten werden, beziehen sich auf den Mittelpunkt Jupiters und verhalten sich gegenseitig wie die Quadrate ihres Abstandes von diesem Mittelpunkt.

Dasselbe gilt von den Saturntrabanten.

2. Dasselbe gilt von den Planeten, auf die Sonne bezogen.

3. Dasselbe von Erde und Mond.

4. Der Mond wird von der Erde angezogen und mit dieser Schwerkraft wird er immerfort von der geraden Richtung abgelenkt und in seiner Bahn zurückgehalten.

5. Dasselbe von den Jupitertrabanten und Jupiter, von den Saturntrabanten und Saturn; von den Planeten und der Sonne.

6. Alle Körper werden auf ihren einzelnen Planeten angezogen und ihre Gewichte auf einem beliebigen Planeten sind, bei

gleicher Entfernung vom Mittelpunkt des Planeten, der Stoffmenge auf den einzelnen proportional.

Der Fall aller Körper auf der Erde (insofern man wenigstens die ungleiche Verzögerung berücksichtigt, welche aus dem kleinen Widerstand der Luft entsteht) findet in gleichen Zeiten statt, wie Andere längst erkannt haben; und zwar kann man die gleichen Zeiten aüsserst genau bei den Pendeln beobachten. Ich versuchte es mit Gold, Silber, Blei, Glas, Sand, Kochsalz, Holz, Wasser, Getreide. Ich verglich 2 gleiche, runde Holzschachteln. Die eine füllte ich mit Holz und hing dasselbe Gewicht möglichst genau an Gold in den Schwingungsmittelpunkt der andern. Die an gleichen, 11 Fuss langen Fäden hangenden Schachteln bildeten an Gewicht, Gestalt und Luftwiderstand ganz gleiche Pendel, und bei gleicher Aufstellung gingen sie sehr lange in gleichen Schwingungen mit einander hin und her. Folglich verhielt sich die Stoffmenge an Gold (II, Prop. 24, Zus. 1 u. 6) zur Stoffmenge an Holz wie die Wirkung der bewegenden Kraft im ganzen Gold zu derselben Wirkung im ganzen Holz, d. h. wie Gewicht zu Gewicht u. s. w. Bei Körpern desselben Gewichtes konnte der Unterschied des Stoffes, welcher sogar kleiner war, als der 1000. Teil des ganzen Stoffes, durch diese Versuche deutlich gezeigt werden. Nun ist aber die Natur der Schwere auf den Planeten unzweifelhaft dieselbe wie auf der Erde. Denkt man sich die irdischen Körper bis zur Mondbahn gehoben und jeglicher Bewegung bar auf den Mond herniedergelassen, so fallen sie mit einander zugleich wie auf der Erde, und aus dem vorher Gezeigten ergibt sich klar, dass sie in gleichen Zeiten auf dem Monde gleiche Raüme beschreiben, so dass sie sich zur Stoffmenge des Mondes verhalten wie ihre Gewichte zu dessen Gewicht. Weil aber die Jupitertrabanten sich in Zeiten drehen, welche im anderthalbfachen Verhältnis ihrer Abstände vom Mittelpunkte Jupiters stehen, so werden ihre beschleunigten Anziehungen auf Jupiter sich gegenseitig verhalten wie die Quadrate ihrer Abstände vom Mittelpunkte Jupiters; und daher wären in gleichen Abständen von Jupiter ihre beschleunigenden Anziehungen ebenfalls gleich. Wenn sie deswegen in gleichen Zeiten von gleichen Höhen fielen, so beschrieben sie gleiche Raüme, wie es mit den Körpern auf unserer Erde geschieht. Und nach demselben Beweise würden die Planeten, wenn sie aus gleichen Abständen auf die Sonne herabgelassen

würden, in ihrem Falle gegen die Sonne gleiche Raüme beschreiben. Die Kräfte aber, mit welchen ungleiche Körper sich gleichmässig beschleunigen, verhalten sich wie die Körper, d. h. wie ihre Gewichte zu der Stoffmenge auf den Planeten. Dass aber die Gewichte Jupiters und dessen Satelliten auf der Sonne proportional sind ihren Stoffmengen, erhellt aus der möglichst regelmässigen Bewegung der Satelliten (1, P. 65, Zus. 3). Denn wenn einige aus ihnen mehr nach der Sonne gezogen würden als andere wegen ihrer Stoffmenge, so müssten die Bewegungen der Satelliten (I, P. 65, Z. 2) wegen ungleicher Anziehung gestört werden. Wenn (bei gleichem Abstand von der Sonne) irgend ein Satellit, wegen seiner Stoffmenge, mehr gegen die Sonne hin angezogen würde als Jupiter, und zwar in einem beliebig gegebenen Verhältnis, so würde der Unterschied zwischen dem Mittelpunkt der Sonne und dem Mittelpunkt der Satellitenbahn immer grösser werden als der Unterschied zwischen dem Mittelpunkt der Sonne und dem Mittelpunkt Jupiters und zwar beinahe im anderthalben Verhältnis, wie ich aus gewissen angestellten Rechnungen ersah.

Zusatz 1. Daher hangen die Gewichte der Körper nicht von ihrer Gestalt und Textur ab.

Zusatz 2. Die im Weltall verbreiteten Körper, welche um die Erde herum sind, werden von der Erde angezogen, und die Gewichte aller derjenigen, welche gleichweit vom Mittelpunkt der Erde abstehen, verhalten sich wie ihre Stoffmengen.

Zusatz 3. Die Raüme sind nicht alle gleich voll.

Zusatz 4. Wenn alle Teilchen sämtlicher Körper fest und von derselben Dichtigkeit sind und sich nur mit Poren verdünnen, so entsteht ein leerer Raum.

Zusatz 5. Die Schwerkraft ist anderer Art als die magnetische Kraft. Denn letztere verhält sich nicht wie der angezogene Stoff.

7. Die Anziehung findet auf allen Weltkörpern statt und ist der Stoffmenge der einzelnen derselben proportional.

8. Wenn der Stoff zweier sich gegenseitig anziehender Weltkugeln auf allen Seiten und in den Höhen, welche von den Mittelpunkten gleichmässig abstehen, gleichartig ist, so verhält sich das Gewicht der einen Kugel zu demjenigen der andern gegenseitig wie das Quadrat der Entfernung ihrer Mittelpunkte. (I, P. 75 und 76).

Zusatz 1. Daraus lassen sich die Gewichte der Körper auf verschiedenen Planeten bestimmen und unter sich vergleichen. Denn die Gewichte gleicher Körper, welche sich in Kreisen um die Planeten drehen, verhalten sich (I, P. 4, Z. 2) gerade wie die Halbmesser ihrer Kreise und umgekehrt wie die Quadrate ihrer Umlaufszeiten, und die Gewichte an den Oberflächen der Planeten bei andern oder beliebigen Abständen vom Mittelpunkt sind grösser oder kleiner im umgekehrten, doppelten Verhältnis der Entfernungen. So habe ich aus den Umlaufszeiten der Venus um die Sonne (224 Tage $16^{3}/_{4}$ Stunden), des aüssersten Jupitersatelliten um Jupiter (16 Tage $16^{3}/_{15}$ Stunden), des 4. (jetzt 6.) Saturnsatelliten um Saturn (15 Tage $22^{2}/_{3}$ Stunden), des Mondes um die Erde (27 Tg. 7 Mt. 43 Sk.), verglichen mit dem mittlern Abstand der Venus von der Sonne, und mit den grössten heliozentrischen Ausweichungen des aüssersten Jupitersatelliten vom Mittelpunkt Jupiters (8′ $21^{1}/_{2}$″), des 4. (jetzt 6.) Saturnsatelliten vom Mittelpunkt seines Hauptkörpers (3′ 20″) und des Mondes von der Erde (10′) durch Rechnung herausgefunden, dass die Gewichte gleicher und von Sonne, Jupiter, Saturn und Erde gleichweit abstehender Körper sich gegenseitig zu einander verhalten würden, wie 1, $^{1}/_{1033}$, $^{1}/_{2411}$ und $^{1}/_{227512}$. Nun ist weiter die Sonnenparallachse nach den neuesten Beobachtungen beinahe 10″ und Halley hat aus dem Austritt Jupiters und der Satelliten aus dem dunkeln Teile des Mondes bestimmt, dass die grösste heliozentrische Ausweichung des aüssersten Jupitermondes vom Mittelpunkte Jupiters bei mittlerm Sonnenabstand dieses Planeten 8′ 21″ und der Durchmesser Jupiters 41″ betragen. Aus der Dauer der in den Schatten Jupiters einfallenden Satelliten ergibt der Halbmesser 20″. Es mass aber Huygens die grösste heliozentrische Ausweichung des 4. (jetzt 6.) Satelliten 3′ 20″ vom Mittelpunkt Saturns, und der 4. Teil dieser Ausweichung, nämlich 50″ ist der Durchmesser des Saturnringes, von der Sonne aus gesehen, und der Durchmesser Saturns verhält sich zum Durchmesser des Ringes wie 4 : 9; also ist der Halbmesser Saturns von der Sonne aus gesehen 11″, mit Berücksichtigung der Irradiation 9″. Daraus und aus dem mittlern Sonnenhalbmesser von 16′ 6″ lässt sich berechnen, dass sich die wahren Halbmesser von Sonne, Jupiter, Saturn und Erde gegenseitig verhalten wie 10000, 1077, 889 und 104. Und da die Gewichte im doppelten Verhältnis der vermehr-

ten oder verminderten Entfernungen vermindert oder vermehrt werden, so verhalten sich die Gewichte gleicher Körper auf der Oberfläche dieser Weltkugeln wie 10000, 835, 525 und 410.

Zusatz 2. So kann man auch die Stoffmenge der einzelnen Planeten ermitteln. Denn die Stoffmengen auf den Planeten verhalten sich wie ihre Kräfte in gleicher Entfernung von ihren Mittelpunkten, d. h. auf Sonne, Jupiter, Saturn und Erde wie 1, $^1/_{1033}$, $^1/_{2411}$ und $^1/_{227512}$. Wenn die Sonnenparallachse grösser oder kleiner als 10″ angesetzt werden muss, so muss auch die Menge des Stoffes bei der Erde im dreifachen Verhältnis vermehrt oder vermindert werden.

Zusatz 3. Dadurch wird auch die Dichtigkeit der Planeten bestimmt. Denn die Gewichte gleicher und gleichartiger Körper auf gleichartigen Kugeln verhalten sich auf den Oberflächen der Kugeln wie die Durchmesser der Kugeln (I, P. 72); und daher die Dichtigkeiten gleichartiger Kugeln wie jene Gewichte, auf die Durchmesser der Kugeln bezogen. Es verhalten sich also die wahren Durchmesser von Sonne, Jupiter, Saturn und Erde wie

$$10000 : 1077 : 889 : 104$$

und ihre Gewichte auf denselben wie

$$10000 : 835 : 525 : 410$$

und somit ihre Dichtigkeiten wie

$$\frac{10000}{10000} : \frac{835}{1077} : \frac{525}{889} : \frac{410}{104}$$

oder bei Vermehrung mit 100 wie

$$100 : 78 : 59 : 396$$

Die Dichtigkeit der Erde, welche sich aus dieser Rechnung ergibt, hängt nicht von der Parallachse der Sonne, sondern von derjenigen des Mondes ab und ist deswegen richtig. Die Sonne ist also ein wenig dichter als Jupiter, und Jupiter dichter als Saturn und die Erde viermal dichter als die Sonne; denn diese wird durch ihre ungeheure Hitze gelockert. Der Mond ist aber dichter als die Erde, wie in der Folge klar wird.

Zusatz 4. Unter gleichen Umständen sind also die kleinerern Planeten dichter. So nähert sich nämlich die Schwerkraft auf ihren Oberflächen mehr der völligen Gleichheit. Aber unter übrigens gleichen Umständen sind die Planeten dichter, welche der Sonne näher sind; so Jupiter dichter als Saturn, die Erde dichter als Jupiter. Somit wurden die Planeten in verschiedenen Abstän-

den von der Sonne aufgestellt, damit jeder nach dem Grade der Dichtigkeit grösserer oder geringerer Sonnenwärme teilhaftig würde. Wenn die Erde in die Bahn Saturns versetzt würde, so müsste unser Wasser gefrieren; würde sie aber in die Bahn Merkurs versetzt, so müsste es sofort als Dampf entweichen. Denn das Licht und die Hitze der Sonne ist in der Entfernung Merkurs 7 mal stärker als bei uns und ich weiss nach dem Thermometer, dass bei 7facher Sonnenwärme das Wasser siedet. Aber es ist nicht zweifelhaft, dass der Stoff Merkurs zu seiner Hitze passt, und also dichter ist als der unserige, da aller dichtere Stoff zu seinen natürlichen Vorgängen der grössern Hitze bedarf.

50. Propositionen 9 und 10 des 3. Buches. 9. Die Anziehung nimmt von den Oberflächen der Planeten nach unten beinahe im Verhältnis der Entfernung vom Mittelpunkte ab.

10. Die Bewegung der Planeten am Himmel kann aüsserst lange erhalten bleiben.

Früher (II, P. 40, Versuch 13) wurde gezeigt, dass eine Eiskugel, die sich frei in unserer Luft bewegt, und mit der Länge ihres Halbmessers schwingt, durch den Widerstand der Luft $^{1}/_{4586}$ ihrer Bewegung verlieren müsste (wobei Wasser 860 mal schwerer angenommen wird als Luft). Man erhält nahezu dasselbe Verhältnis mit beliebig grossen und schnellen Kugeln. Da aber unsere Erdkugel dichter ist als Wasser, so will ich es auch berücksichtigen. Wenn diese ganze Kugel aus Flüssigkeiten bestünde, welche leichter wären als Wasser, so würden diese wegen der geringen spezifischen Schwere obenauf schwimmen. Aus derselben Ursache würde die Erdkugel, wenn sie nach allen Seiten mit Flüssigkeiten bedeckt, und selbst leichter wäre als das Wasser, irgendwo hervortauchen oder zu Tage treten und alles daher abfliessende Wasser würde sich in der entgegengesetzten Gegend anhaüfen. Und derselbe Grund gilt für unsere zum grossen Teil mit Meeren umgebenen Erde. Wenn diese nicht dichter wäre, so würde sie aus den Meeren emportauchen und mit einem Teil je nach dem Grade der Leichtigkeit ausserhalb das Wasser hervortreten, das aus allen Meeren in die entgegengesetzte Gegend strömen würde. Nach der gleichen Beweisführung sind die Sonnenflecken leichter als die leuchtende Sonnenmasse, auf welcher sie schwimmen. Und bei der Bildung irgendwelcher Planeten strebte der sämtliche,

schwere Stoff, der zu jener Zeit noch flüssig war, dem Mittelpunkte zu. Da nun die oberste, gewöhnliche Erde beinahe doppelt schwerer ist als Wasser, und in etwas tiefern Gründen beinahe 3 oder 4, sogar 5 mal schwerer erscheint, so ist wahrscheinlich, dass die Menge der ganzen Masse der Erde 5 oder 6 mal grösser sei, als wenn sie ganz aus Wasser bestünde, besonders da die Erde beinahe 5 mal dichter ist als Jupiter, wie schon vorher gezeigt worden ist. Wenn also Jupiter ein wenig dichter ist als Wasser, so würde er im Zeitraum von 30 Tagen, in denen er die Länge von 459 seiner Halbmesser beschreibt, in einem Medium mit derselben Dichtigkeit wie unsere Luft beinahe den 10. Teil seiner Bewegung verlieren. Aber da der Widerstand der Medien im Verhältnis des Gewichtes oder der Dichtigkeit vermindert wird, so dass das Wasser, welches sonst $13^2/_3$ mal leichter ist als Quecksilber, in demselben Verhältnis weniger Widerstand leistet, und die Luft, welche sonst 850 mal leichter ist als Wasser, ebenfalls im gleichen Verhältnis weniger Widerstand leistet, und so wird es am Himmel noch mehr anwachsen, wo das Gewicht des Mediums, in welchem sich die Planeten drehen, unendlich vermindert wird und der Widerstand beinahe aufhören muss.

51. Propositionen 11—18 des 3. Buches. Hypothese 1. Der Mittelpunkt des Weltsystems ruht.

11. Der gemeinsame Mittelpunkt der Erde, der Sonne und der Planeten ruht.

12. Die Sonne wird zwar immerfort etwas bewegt; aber sie kann sich nie weit vom gemeinschaftlichen Mittelpunkt aller Planeten entfernen.

Denn da der Stoff der Sonne sich zu demjenigen Jupiters verhält wie 1033 : 1 und der Abstand Jupiters von der Sonne zum Halbmesser der Sonne in einem etwas grössern Verhältnis steht, so fällt der gemeinschaftliche Schwerpunkt Jupiters und der Sonne in einem Punkt, der wenig über der Oberfläche der Sonne ist. Da nach derselben Beweisführung der Stoff der Sonne sich zu demjenigen Saturns verhält wie 2411 : 1, und die Entfernung Saturns von der Sonne zum Halbmesser der Sonne in einem noch etwas kleinern Verhältnis steht, so fällt der gemeine Schwerpunkt Saturns und der Sonne in einen Punkt, der wenig unter der Oberfläche der Sonne ist u. s. w.

13. Die Planeten bewegen sich in Ellipsen, welche einen Brennpunkt im Mittelpunkt der Sonne haben und deren Radien den Zeiten proportionale Flächen beschreiben.

Zwar ist z. B. die Wirkung Jupiters auf Saturn nicht ganz zu vernachlässigen. Denn die Schwere Jupiters verhält sich zu derjenigen der Sonne (bei gleichen Abständen) wie 1 : 1033; und ebenso wird bei der Konjunktion Jupiters und Saturns, weil der Abstand Saturns von Jupiter zum Abstand Saturns von der Sonne sich beinahe verhält wie 4 : 9, die Schwere Saturns gegen Jupiter zur Schwere Saturns gegen die Sonne sich verhalten wie 81 : 16 $\times$ 1033 oder ungefähr 1 : 204. — Aber bei der Konjunktion Jupiters und Saturns verhält sich die beschleunigende Schwere der Sonne gegen Saturn, Jupiters gegen Saturn und Jupiters gegen die Sonne beinahe wie 16 : 81 : $\frac{16 \times 81 \times 2411}{25}$ (oder 124986), so dass der Unterschied der Schwere der Sonne gegen Saturn, und Jupiters gegen Saturn sich zur Schwere Jupiters gegen die die Sonne verhält wie 65 : 124986 oder 1 : 1923.

Aber diesem Unterschied entspricht auch die grösste Wirkung Saturns auf die Störung Jupiters; darum wird Jupiter viel weniger in der Bahn gestört als Saturn. Die Störungen der übrigen Bahnen sind noch viel kleiner, mit Ausnahme der Erde und des Mondes. Der gemeine Schwerpunkt dieser letztern laüft in einer Ellipse um die in einem Brennpunkt sich befindliche Sonne und beschreibt mit einem nach der Sonne gezogenen Radius den Zeiten proportionale Flächen; die Erde aber dreht sich monatlich einmal um diesen gemeinschaftlichen Schwerpunkt.

14. Die Aphelien und Knoten der Bahnen ruhen.

15. Aufgabe 1. Die Hauptdurchmesser der Bahnen zu bestimmen.

16. Aufg. 2. Die Exzentrizitäten und Aphelien der Bahnen zu bestimmen.

17. Die täglichen Bewegungen der Planeten sind gleichförmig und die Libration des Mondes entsteht aus dessen täglicher Bewegung.

18. Die Achsen der Planeten sind kleiner als die Durchmesser, welche senkrecht auf diese Achsen gezogen werden.

52. Proposition 19 des 3. Buches. 19. Aufgabe 3. Das Verhältnis der Planetenachse zu den Durchmessern zu bestimmen, welche senkrecht zu ihr stehen.

Norwood bestimmte einen Breitegrad zu 57300 Toisen oder Klaftern, Picard zu 57060 Klaftern, Cassini zu 57292 Klaftern unter der Voraussetzung, dass die Erde eine genaue Kugel sei. Daraus ergibt sich der Radius zu 19695539 Pariserfuss. Die Länge des Sekundenpendels ist in Paris 3 Fuss $8^5/_9$ Linien. Der Fall beträgt nach Huygens in der Sekunde 15 Fuss 1 Zoll $2^1/_{18}$ Linien = $2174^1/_{18}$ Linie Parisermass.

Ein Körper, der sich in einer Entfernung von 19695539 Fuss vom Mittelpunkt in einem Sterntag oder 23 Stunden 56 Minuten 4 Sekunden dreht, beschreibt in der Sekunde einen Bogen von 1436 Fuss, dessen Sinus versus 0,0524 Fuss oder 7,541 Linien ausmacht. Darum verhält sich die Anziehungskraft in Paris zur Fliehkraft am Aequator wie 2174 : 7,541.

Die Fliehkraft am Aequator verhält sich zu derjenigen von Paris (48° 50′) im doppelten Verhältnis des Halbmessers zum Sinus der komplementären Breite, d. h. wie 7,541 : 3,267. Wird letztere zum Fall gefügt, so bekommt man für den ganzen Fall 2177,32 Linien, somit verhält sich die ganze Schwerkraft in der Breite von Paris zur Fliehkraft der Körper am Aequator wie 2177,32 : 7,541 oder 289 : 1.

Die Erde ist ein Rotationsellipsoid. Denkt man sich einen Kanal voll Wasser vom Pol und einen gleichen vom Aequator bis zum Mittelpunkt, so muss sich das Gewicht des äquatorialen Schenkels zu demjenigen des polaren Schenkels verhalten wie 289 : 288. Aus dem Frühern (I, P. 91, Z. 2) findet man — wenn die Erde aus demselben Stoff bestehe und jeglicher Bewegung entbehre, und die polare Achse sich zu einem äquatorialen Durchmesser verhalte wie 100 : 101 — es verhält sich die Schwere am Pol unserer Erde zu derjenigen am Pol einer genauen Kugel mit derselben Achse wie 126 : 125. Gleichfalls ist die Schwere am Aequator die mittlere Proportionale zwischen der Schwere des genannten Sphäroids und der Kugel, und sie verhält sich in einem Punkte des Aequators der vollen Kugel mit dem äquatorialen Halbmesser zur Schwere des Erdsphäroids wie 126 : $125^1/_2$. Und die Schwere am Pol verhält sich zu derjenigen am Aequator im Verhältnis der Durchmesser, d. h. wie 100 : 101. Verbindet man

diese 3 Verhältnisse mit einander, so verhält sich die Schwere an einem Pol der Erde zu derjenigen an einem Punkt des Aequators wie 126 $\times$ 126 $\times$ 100 : 125 $\times$ 125$^1/_2$ $\times$ 101 oder wie 501 : 500.

Nun verhält sich (I, P. 41, Z. 3) die Anziehung in einem der beiden Schenkel des Kanales wie die Entfernung dieser Orte vom Mittelpunkt der Erde. Wenn jene Schenkel in Teile zerlegt werden, die zu den ganzen proportional sind, so verhalten sich die Gewichte der einzelnen Teile im äquatorialen Schenkel zu den Gewichten ebenso vieler Teile im andern Schenkel wie die Grösse und die beschleunigte Schwere zusammengenommen; d. h. wie 101 : 100 und 500 : 501, nämlich 505 : 501. Und es verhielte sich die Fliehkraft irgend eines Teiles des äquatorialen Schenkels, soweit sie aus der täglichen Bewegung entstanden, zu dem Gewicht desselben Teiles wie 4 : 505. Wenn also das Gewicht jedes Schenkels in 505 Teile zerlegt wird und 4 davon genommen werden, so bleiben die Gewichte in jedem Schenkel gleich und die Flüssigkeit wäre deshalb im Gleichgewicht. Die Fliehkraft eines Teiles verhält sich aber zum Gewicht desselben wie 1 : 289, d. h. die Fliehkraft, welche $^4/_{505}$ des Gewichtes sein sollte, ist nur $^1/_{289}$. Darum behaupte ich nach dem Dreisatz, wenn die Fliehkraft $^4/_{505}$ bewirkt, dass die Höhe des Wassers im äquatorialen Schenkel die Höhe des Wassers im polaren Schenkel um den 100. Teil der ganzen Höhe übertrifft, so wird die Fliehkraft $^1/_{289}$ bewirken, dass der Ueberschuss der Höhe im äquatorialen Schenkel nur $^1/_{229}$ der Höhe im polaren Schenkel sei. Also verhält sich der Durchmesser der Erde am Aequator zu demjenigen am Pole wie 230 : 229. Nach der Rechnung Cassini's ergibt sich für den Radius am Erdäquator ein Ueberschuss über denjenigen eines Poles von 85,820 Fuss oder 17$^1/_2$ Meilen.

Wenn ein Planet grösser oder kleiner ist als die Erde und seine Dichtigkeit und Achsendrehungszeit dieselbe verbleibt, so wird auch das Verhältnis der Fliehkraft zur Schwerkraft, und deswegen auch das Verhältnis des polaren und eines äquatorialen Durchmessers dasselbe bleiben. Wie aber die Achsendrehung in irgend einem Verhältnis beschleunigt oder verzögert wird, so vermehrt oder vermindert sich die Fliehkraft im doppelten Verhältnis und daher wird der Unterschied der Durchmesser beinahe im gleichen doppelten Verhältnis vermehrt oder vermindert. Und wenn die Dichtigkeit des Planeten in irgend einem Verhältnis

vermehrt oder vermindert wird, so wird auch seine Schwere in demselben Verhältnis vermehrt oder vermindert und der Unterschied der Durchmesser wird gegenseitig vermindert im Verhältnis der vermehrten Schwere oder vermehrt im Verhältnis der verminderten Schwere. Da die Achsendrehung der Erde in 23 Stunden 56 Minuten und diejenige Jupiters in 9 Stunden 56 Minuten stattfindet, also die Quadrate der Zeiten sich verhalten wie 29 : 5 und die Dichtigkeiten wie 5 : 1, so wird der Unterschied der äquatorialen Durchmesser zum kleinsten Durchmesser sich verhalten wie $^{29}/_{5} \times 5 \times {}^{1}/_{229}$: 1 oder beinahe 1 : 8; also verhält sich ein äquatorialer Durchmesser zur Achse wie 9 : 8. Das ist nur der Fall unter der Bedingung, dass der Stoff des Planeten gleichförmig sei. Denn wenn der Stoff vom Mittelpunkt dichter ist als am Umfang, so wird der äquatoriale Durchmesser grösser.

Dass der Durchmesser Jupiters, welcher zwischen den Polen liegt, kleiner sei als der andere, hat Cassini längst beobachtet. Die betreffenden Verhältnisse der Erde ergeben sich aus der folgenden Proposition.

53. Proposition 20 des 3. Buches. 20. Aufgabe 4. Die Gewichte der Körper in verschiedenen Gegenden der Erde zu bestimmen und zu vergleichen.

Weil die Gewichte der ungleich langen Schenkel des Wasserkanals und die Gewichte der den ganzen Schenkeln proportionalen und ihnen ähnlich gelegenen Teile gleich sind, so verhalten sie sich gegenseitig wie die Gewichte aller in den Schenkeln ähnlich gelegenen Teile gegenseitig wie die Schenkel, d. h. gegenseitig wie 230 : 229. Und gleich ist das Verhältnis der gleichartigen und beliebig gleichen und in den Schenkeln ähnlich gelegenen Körper. Ihre Gewichte sind gegenseitig wie die Schenkel, d. h. gegenseitig wie die Abstände der Körper vom Mittelpunkt der Erde. Wenn daher die Körper in den obern Teilen der Kanäle oder an der Oberfläche der Erde sind, so verhalten sich ihre Gewichte gegenseitig zu einander wie ihre Abstände vom Mittelpunkt. Nach demselben Schlusse verhalten sich die Gewichte in beliebigen andern Gegenden auf der ganzen Oberfläche der Erde gegenseitig wie ihre Abstände der Orte vom Mittelpunkt und ergeben sich die Proportionen aus der Hypothese, dass die Erde ein Sphäroid sei.

Nun ergibt der Lehrsatz, dass die Vermehrung des Gewichtes vom Aequator zu den Polen sich beinahe verhält wie das Quadrat vom Sinus der Breite. Und ungefähr in demselben Verhältnis werden die Bogen der Breitengrade auf dem Meridian vermehrt. Da nun die Breite von Paris 48° 50′ und der Orte am Aequator 0° 0′ und derjenigen an den Polen 90° beträgt, und die Quadrate des Sinus sich verhalten wie 11334, 0 und 20000 (beim Radius 10000), und die Schwere am Pol sich zur Schwere unter dem Aequator sich verhalte wie 230 : 229, und der Ueberschuss der Schwere am Pol sich zur Schwere unter dem Aequator sich verhalte wie 1 : 229, so verhält sich der Ueberschuss der Schwere in Paris zur Schwere unter dem Aequator wie

$$1 \times \frac{11334}{20000} : 229 \text{ oder } 5667 : 2290000.$$

Da die Längen der in gleichen Zeiten schwingenden Pendel sich verhalten wie die Schwere, und in der Breite von Paris die Länge des Sekundenpendels 3 Fuss $8^5/_9$ Linien beträgt, so wird die Länge des Pendels unter dem Aequator von demjenigen in Paris übertroffen um 1,087 Linien. Durch ähnliche Rechnung entsteht folgende Tabelle.

Breite	Länge des Sekundenpendels	Mass eines Grades in Klaftern
0 °	3′ 7,468‴	56909
10	3 7,526	56931
20	3 7,692	56996
30	3 7,948	57096
40	3 8,261	57218
50	3 8,594	57348
60	3 8,907	57470
70	3 9,162	57570
80	3 9,329	57635
90	3 9,387	57657

Es erhellt aber aus dieser Tabelle, dass die Ungleichheit der Grade so klein ist, dass man für geographische Zwecke die Gestalt der Erde als eine Kugel annehmen kann, und dass man die Ungleichheit der irdischen Durchmesser leichter und sicherer aus den Pendelversuchen erkennen kann und auch aus den Mondfinsternissen, als aus den wirklich gemessenen Bogen des Meridians.

Ob dem so sei, hängt mit der Hypothese zusammen, dass

Bayerische Staatsbibliothek München

die Erde aus gleichartigem Stoffe bestehe. Denn wenn der Stoff am Mittelpunkt ein wenig dichter ist als an der Oberfläche, so werden die Unterschiede der Pendel und Grade des Meridians etwas grösser sein als in der vorstehenden Tabelle, weil, wenn der Stoff gegen den Mittelpunkt überfliesst, wo die Dichtigkeit grösser ist, er zurückgewiesen, heraufgehoben und aufwärts getrieben wird, die Schwere auf der übrigen, gleichmässig dichten Erde sich gegenseitig verhalten wird wie der Abstand des Gewichtes vom Mittelpunkt; aber in dem überfliessenden Stoff gegenseitig beinahe wie das Quadrat des Abstandes von jenem Stoff. Also ist die Schwere unter dem Aequator geringer in jenem überfliessenden Stoff als in der obigen Rechnung: daher wird die Erde daselbst wegen Mangel an Schwere ein wenig höher hinaufsteigen und werden die Ueberschüsse der Pendellängen und Grade an den Polen grösser sein als im Vorhergehenden angegeben ist.

1672 machte der französische Astronom Richer eine Reise nach Cayenne (5° nördlich vom Aequator). *) Daselbst ging seine Uhr täglich um 2 Minuten 28 Sekunden hintennach. Er musste das Pendel um $1\frac{1}{4}$ Linien verkürzen. Als er nach 10 Monaten wieder nach Paris zurückkehrte, ging die Uhr um gleichviel vor und es musste wieder auf die ursprüngliche Länge gebracht werden. Spätere Beobachtungen ergaben $1\frac{1}{2}$, $1\frac{9}{20}$ und $2\frac{1}{2}$ Linie Unterschied. Die Hypothese des gleichmässig dichten Stoffes ergibt 1,087 Linien. Der Höhenüberschuss der Erde am Aequator gegenüber an den Polen beträgt also nach dem Frühern $17\frac{1}{3}$ Meilen; er wäre nun im Verhältnis der Unterschiede $31\frac{7}{12}$ Meilen. Denn die Verlangsamung des Pendels unter dem Aequator lässt den Mangel der Schwere erkennen, und je leichter der Stoff ist, desto grösser muss seine Höhe sein, damit sie mit ihrem Gewicht den Stoff an den Polen im Gleichgewicht halte.

Auch der Erdschatten bei Mondfinsternissen wird ergeben, dass der östliche Durchmesser grösser ist als der südliche um ungefähr 55″. Dann wird der grösste Halbmesser der Erde

*) Die pariser Akademie der Wissenschaften benutzte die Gelegenheit, mit Hülfe der damaligen Marsopposition den Sonnenabstand zu ermitteln. Cassini und Römer beobachteten in Paris, Richer in Cayenne. Für die Enfernung Paris-Cayenne ergab sich eine parallaktische Verschiebung des Marsortes von 15 Sekunden und eine Sonnenparallachse von 9,5 Sekunden, worauf die Berechnungen unsers Sonnensystems beruhten bis vor ungefähr 20 Jahren.

19767630 Fuss, der kleinste 19609820 und der mittlere beinahe 19688725 Fuss sein.

54. Propositionen 21—36 des 3. Buches. 21. Lehrsatz 17. Die Nachtgleichepunkte weichen zurück und die Erdachse neigt sich schwankend bei den einzelnen jährlichen Umdrehungen zweimal der Ekliptik zu und kehrt zweimal in die frühere Lage zurück.

22. (L. 18.) Alle Bewegungen und alle Ungleichheiten der Bewegungen des Mondes ergeben sich aus den angeführten Grundsätzen.

23. (Aufg. 5.) Die ungleichen Bewegungen der Jupiter- und Saturntrabanten aus den Mondbewegungen abzuleiten.

24. (L. 19.) Flut und Ebbe entstehen durch die Einwirkungen der Sonne und des Mondes.

Die höchste Flut, wenn der Mond sich vom Scheitel des Ortes abwendet, fällt ungefähr in die 3. Stunde nach der obern Kulmination des Mondes und wenn der Mond die Deklination ändert, so wird die Flut geringer. Der grösste Unterschied der Fluten fällt in die Solstitien; besonders wenn der aufsteigende Mondknoten in den Anfang Widder fällt. So ist durch Versuch festgestellt, dass die Morgenfluthen zur Winterszeit die Abendfluten übertreffen und umgekehrt zur Sommerszeit, und zwar um beinahe 1 Fuss in Plymouth und um 15 Zoll in Bristol.

Die bisanhin beschriebenen Bewegungen werden etwas durch jene Kraft der rückkehrenden Gewässer verändert, durch welche die Flut, sogar beim Aufhören der Einflüsse der Weltkörper, einigermassen beharren könnte. Diese Erhaltung der mitgeteilten Bewegung vermindert den Unterschied der abwechselnden Gezeiten; die auf die Syzygien nächst folgende Flut nimmt zu, die auf die Quadraturen nächst folgende nimmt ab. So kommt es, dass die wechselnden Gezeiten in Plymouth und Bristol nicht viel mehr von einander abweichen als 1 Fuss oder 15 Zoll; und dass die grössten aller Fluten in denselben Häfen nicht die ersten nach den Syzygien sind, sondern die dritten. Es werden sogar alle Bewegungen beim Uebergang durch seichte Stellen verzögert, so dass die grössten aller Fluten in gewissen Meerengen oder Flussmündungen erst die vierten oder fünften nach den Syzygien sind.

Uebrigens kann es auch vorkommen, dass die Gezeiten vom Ozean aus durch verschiedene Meerengen zu demselben Hafen gelangen können und zwar durch die einen schneller als durch die

andern, in welchem Falle dieselbe Flut, in 2 oder mehreren auf einander folgenden Abteilungen neue Bewegungen verschiedener Art bilden kann.

Ja auf diese Weise kann es vorkommen, dass das Wasser nicht wie gewöhnlich täglich 2 mal, sondern nur 1 mal steigt und fällt. Als ein solches Beispiel bezeichnet Halley nach den Angaben der Seefahrer Batsham in Tonking (20° 50′ nördl. Br.), wohin das Wasser aus dem indischen und aus dem grossen Weltmeer gelangt.

25. (A. 6.) Die Kräfte der Sonne zu bestimmen, welche die Bewegungen des Mondes stören.

26. (A. 7.) Die stündliche Vermehrung der Fläche zu bestimmen, welche der Mond mit einem zur Erde gezogenen Radius in der Kreisbahn beschreibt.

27. (A. 8.) Aus der stündlichen Bewegung des Mondes dessen Entfernung von der Erde zu bestimmen.

28. (A. 9.) Den Durchmesser der Bahn zu bestimmen, in welcher sich der Mond ohne Exzentrizität bewegen müsste.

29. (A. 10.) Die Variation des Mondes zu bestimmen.

30. (A. 11.) Die stündliche Bewegung der Mondknoten in der Kreisbahn zu bestimmen.

31. (A. 12.) Die stündliche Bewegung der Mondknoten in der elliptischen Bahn zu bestimmen.

32. (A. 13.) Die mittlere Bewegung der Mondknoten zu bestimmen.

33. (A. 14.) Die wahre Bewegung der Mondknoten zu bestimmen.

34. (A. 15.) Die stündliche Aenderung in der Neigung der Mondbahn zur Ekliptik zu bestimmen.

35. (A. 16.) Für eine gegebene Zeit die Neigung der Mondbahn zur Ekliptik zu bestimmen.

Anmerkung. Da der Dunstkreis der Erde bis zur Höhe von 35 oder 40 Meilen das Sonnenlicht bricht, und beim Brechen dasselbe in den Erdschatten wirft und dadurch den Schatten erweitert, so füge ich zum Durchmesser des Schattens, welcher durch die Parallachse entsteht, bei den Mondfinsternissen 1 oder $1\frac{1}{3}$ Minute.

55. Propositionen 36—38 des 3. Buches. 36. (A. 17.) Den Einfluss der Sonne auf die Gezeiten zu bestimmen.

Zusatz. Da die Fliehkraft der Erde wegen der Achsendrehung sich zur Schwerkraft verhält wie 1 : 289, so bewirkt dieselbe, dass die Höhe des Wassers unter dem Aequator die Höhe desselben an den Polen um 85820 Pariserfuss übersteigt. Da die Kraft der Sonne, von der wir sprachen, sich zur Schwerkraft verhält wie 1 : 12868200, und indessen so zu jener Fliehkraft wie 289 : 12868200 oder wie 1 : 44527, . . . so wird sie bewirken, dass die Höhe des Wassers in den Gegenden, welche unter der Sonne und ihr entgegengesetzt sind, ihre Höhe an den Orten, welche 90° von der Sonne abstehen, nur um 1 Fuss und 11⅛ Zoll übersteigt. Es verhält sich nämlich dieses Mass zum Mass von 85820 Fuss wie 1 : 44527.

37. (A. 18.) Den Einfluss des Mondes auf die Gezeiten zu bestimmen.

Samuel Sturm stellte Beobachtungen an vor der Mündung des Avon unterhalb Bristol und fand zur Frühlings- und Herbstzeit die Höhe der Flut in Konjunktion und Opposition des Mondes 45 Fuss und in den Quadraturen 25 Fuss. Im Hafen zu Bristol fand er dasselbe Verhältnis 9 : 5 noch genauer.

Nach Beobachtungen von Samuel Colepress erreicht die mittlere Höhe der Flut im Hafen zu Plymouth 16 Fuss Höhe, aber zur Frühlings- und Herbstzeit kann die Flut bei Neu- und Vollmond 7 oder 8 Fuss über diejenige bei den Mondvierteln zu stehen kommen. Wenn man 9 Fuss annimmt, so stimmt das Verhältnis mit dem obigen.

Sturm sagt, die Hochflut treffe in Bristol nach dem dritten Meridiandurchgang des Mondes bei Neu- und Vollmond oder nach 43 Stunden ein, die gewöhnliche Flut ungefähr in der 7. Stunde nach dem Meridiandurchgang des Mondes, am schnellsten folge sie diesem Durchgang, wenn der Mond von der Sonne oder ihrer Opposition 18 oder 19 Grade abstehe. Sommer und Winter haben den grössten Einfluss, nicht in ihren Solstitien oder Sonnenwenden, sondern wenn die Sonne von denselben ungefähr um den 10. Teil des ganzen Umfanges oder um 36 oder 37° abstehe. Gleicherweise entstehe die höchste Flut beim Meridiandurchgang des Mondes, wenn der Mond von der Sonne etwa um den 10. Teil der ganzen Bewegung von einer Flut zur andern, also 18½° abstehe u. s. w.

Der Einfluss der Sonne auf die Gezeiten verhält sich zu demjenigen des Mondes wie 1 : 4,4815. Der Einfluss der Sonne ver-

hält sich zur Schwerkraft wie 1 : 12868200, der Einfluss des Mondes zur Schwerkraft wie 1 : 2871400.

Zusatz 1. Die Flut steigt also durch den Einfluss der Sonne 1′ 11¹/₈″ und durch denjenigen des Mondes 8′ 8″; und durch beide Einflüsse 10¹/₂′, und wenn der Mond in der Erdnähe ist auf 12¹/₂′ und darüber, besonders wo der Wirbelwind noch mithelfen kann. . . . In den Meeren, welche sich weit von Osten nach Westen erstrecken, wie im stillen, atlantischen und Teilen des indischen Meeres, die ausser den Wendekreisen liegen, pflegt das Wasser 6, 9, 12 und 15 Fuss zu steigen. Im indischen Meer steigt die Flut innert der Tropenzone weniger als in den gemässigten Zonen, weil das Meer zwischen Afrika und dem südlichen Teile Amerikas verhältnismässig eng ist.

Zusatz 2. Da die Kraft des Mondes auf die Flut sich zur Schwerkraft verhält wie 1 : 2871400, so ist klar, dass jene Kraft viel geringer ist als sie sich in den Pendelversuchen, oder auch in beliebigen, statischen oder hydrostatischen Verhältnissen zeigt. Einzig in der Meeresflut bringt diese Kraft eine merkbare Wirkung hervor.

Zusatz 3. Aus dem Einfluss des Mondes auf die Gezeiten lässt sich seine Dichtigkeit berechnen. Weil die Kraft des Mondes auf die Gezeiten sich zur entsprechenden Kraft der Sonne verhält wie 4,4815 : 1 und jene Kräfte (I, P. 66, Z. 14) sich verhalten wie die Dichtigkeiten von Mond und Sonne und die Würfel der scheinbaren Durchmesser zusammen genommen, und sich die Dichtigkeit des Mondes sich zur Dichtigkeit der Sonne gerade verhält wie 4,4815 : 1 und der Würfel des Monddurchmessers umgekehrt zum Würfel des Sonnendurchmessers, so verhalten sie sich (weil die mittlern scheinbaren Durchmesser des Mondes und der Sonne 31′ 16¹/₂″ und 32′ 12″ betragen) wie 4891 : 1000. Die Dichtigkeit der Sonne aber verhält sich zu derjenigen der Erde wie 100 : 396, und somit verhält sich die Dichtigkeit des Mondes zu derjenigen der Erde wie 4891 : 3960 oder 21 : 17. Der Mond ist also dichter und stoffreicher als unsere Erde.

Zusatz 4. Da der wahre Durchmesser des Mondes (nach den astronomischen Beobachtungen) sich zu demjenigen der Erde verhält wie 100 : 365, so verhalten sich die Massen dieser Weltkörper wie 1 : 39,37.

Zusatz 5. Und die beschleunigende Schwere (Fall) ist auf der Oberfläche des Mondes beinahe 3 mal kleiner als auf derjenigen der Erde.

Zusatz 6. Und der Abstand des Mittelpunktes des Mondes von demjenigen der Erde wird sich zum Abstand des Mittelpunktes des Mondes vom gemeinen Schwerpunkt dieser beiden Weltkörper verhalten wie 40,37 : 39,39.

Zusatz 7. Und der mittlere Abstand des Mittelpunktes des Mondes von demjenigen der Erde wird nahezu $60^1/_4$ der grössten Halbmesser der Erde ausmachen. Denn der grösste Halbmesser war 19767630 Pariserfuss, und da der mittlere Abstand der Mittelpunkte der Erde und des Mondes aus $60^1/_4$ solchen Halbmessern besteht, so ist er gleich 1190999707 Fuss. Und dieser Abstand verhält sich nach dem obigen Zusatz zum Abstand des Mondmittelpunktes vom gemeinschaftlichen Schwerpunkt der Erde und des Mondes wie 40,371 : 39,371 und ist somit 1161498340 Fuss. Und da der Mond, mit den Fixsternen verglichen, sich in 27 Tagen 7 Stunden und $43^1/_5$ Minuten einmal herumdreht, so ist der Sinus versus des Winkels, welchen der Mond in einer Minute in mittlerer Bewegung um den gemeinen Schwerpunkt der Erde und des Mondes beschreibt, 1275235, bei einem Radius von 100 Billionen. Und wie der Radius zu jenem Sinus versus, so verhalten sich 1161498340 zu 14,811833 Fuss. Wenn also der Mond mit jener Kraft, von welcher er in seiner Bahn zurückgehalten wird, auf die Erde fällt, so wird er in einer Minute 14,811833′ zurücklegen. Und wenn diese Kraft im Verhältnis von $177^{29}/_{40}$: $178^{29}/_{40}$ vermehrt wird, so wird man die ganze Schwerkraft in der Mondbahn erhalten (III, P. 3). Und wenn der Mond mit dieser Kraft fiele, so müsste er in einer Minute 14,89517 Fuss beschreiben. Und im 60. Teil dieser Entfernung, d. h. in einem Abstand von 19849995 Fuss vom Mittelpunkt der Erde, müsste ein schwerer, fallender Körper in der Sekunde auch 14,89517 Fuss durchlaufen. Wenn diese Entfernung im anderthalben Verhältnis von 14,89517 Fuss zu 15,12028 Fuss vermindert wird, so erhält man den Abstand von 19701678 Fuss, von welchem der fallende Körper in derselben Zeit einer Sekunde 15,12028′ durchlaüft oder 15 Fuss 1 Zoll 5,32 Linien. Und mit dieser Kraft fallen die Körper auf der Erdoberfläche, in der Breite der Stadt Paris, wie oben gezeigt wurde. Es ist aber der Abstand von 19701678 Fuss etwas kleiner als

der dieser Erde gleiche Halbmesser der Kugel, und etwas grösser als der mittlere Halbmesser dieser Erde, was notwendig ist. Aber die Unterschiede sind unmerklich. Und deswegen ist die Kraft, mit welcher der Mond in seiner Bahn zurückgehalten wird, im Abstand von $60^1/_4$ der grössten Halbmesser der Erde, dieselbe wie es die Schwerkraft auf der Erdoberfläche erfordert.

Zusatz 8. Der mittlere Abstand der Mittelpunkte dieser beiden Weltkörper beträgt beinahe $60^1/_2$ mittlere Erdradien. Denn der mittlere Halbmesser, welcher 19688725 Fuss war, verhält sich zum grössten Halbmesser von 19766730 Fuss beinahe wie $60^1/_4 : 60^1/_2$.

38. (A. 19.) Die Gestalt des Mondes zu bestimmen.

Wenn der Mond ein flüssiger Körper wäre wie unser Meer, so verhielte sich die Kraft der Erde, um jene Flüssigkeit sowohl an den nächsten als entferntesten Teilen zu heben, zu der Kraft des Mondes, von welcher unser Meer in den dem Mond zu- und abgewandten Teilen gehoben wird, wie die beschleunigende Schwere des Mondes gegen die Erde zur beschleunigenden Schwere der Erde gegen den Mond und wie der Durchmesser des Mondes zum Durchmesser der Erde zusammen, d. h. wie 39,371 : 1 und 100 : 365 zusammen oder 1079 : 100. Da nun unser Meer mit der Kraft des Mondes auf $8^2/_3$ Fuss gehoben wird, so müsste die Flüssigkeit des Mondes mit der Kraft der Erde auf $93^1/_2$ Fuss gehoben werden. Aus derselben Ursache wäre die Gestalt des Mondes ein Sphäroid, dessen grösster Durchmesser mit seiner Verlängerung durch den Mittelpunkt der Erde ginge und die senkrechten Durchmesser um 187 Fuss überträfe. Eine solche Gesalt hat also der Mond, und hat sie von Anfang annehmen müssen.

Zusatz. Daraus aber folgt, dass immer dieselbe Seite des Mondes gegen die Erde gerichtet sein muss. In einer andern Lage kann nämlich der Mond nicht ruhen, sondern muss zu dieser Lage durch immerwährende Schwankungen zurückkehren. Indessen wären die Schwankungen, wegen der Kleinheit der mitwirkenden Kräfte aüsserst langsam, so dass jene Seite, welche immer nach der Erde gerichtet sein sollte, nach dem andern Brennpunkt der Mondbahn sich richten muss (III, P. 17), und nicht sogleich davon abgewendet und nach der Erde gerichtet werden kann.

56. Propositionen 39—41 des 3. Buches. In diese Abteilung sind noch 10 Lemmata eingestreut. Lemma 1—3 handeln

von dem überragenden Aequatorring, welcher gleichsam über die wahre Erdkugel sich erhebt.

Hypothese 2. Wenn der vorgenannte Ring von der ganzen übrigen Erde weggehoben und für sich allein in der Erdbahn mit der jährlichen Bewegung um die Sonne gedreht und dennoch um seine Achse bei einer Neigung von 23½° zur Ekliptikebene mit der täglichen Bewegung sich drehen würde, so wäre die Bewegung der Nachtgleichepunkte dieselbe, ob jener Ring flüssig wäre oder aus hartem und festem Stoff bestünde.

39. (A. 20.) Die Präzession oder den Rückgang der Nachtgleichen zu bestimmen.

Lemma 4. Die Kometen sind weiter weg als der Mond und bewegen sich im Planetenraume. — Es werden Beobachtungen der Kometen von 1618 und 1680 nach Kepler, Cysat, Flamsteed und Hevel angeführt.

Zusatz 1. Die Kometen erglänzen im zurückgestrahlten Sonnenlicht.

Zusatz 2. Aus dem Gesagten wird ersichtlich, warum die Kometen so oft die Gegend um die Sonne besuchen. Wenn sie in den Gegenden weit über den Saturn hinaus unterschieden werden könnten, so müssten sie öfter in den der Sonne entgegengesetzten Teilen des Himmels erscheinen. Diejenigen, welche sich daselbst aufhielten, wären nämlich der Erde näher und die dazwischenstehende Sonne würde die andern verdunkeln. Wenn man aber die Geschichte der Kometen durchgeht, so findet man heraus, dass 4 oder 5 mal mehr in der Halbkugel des Himmels gesehen worden sind, wo die Sonne sich befindet, als in der andern; mit Ausnahme einiger, allerdings nicht weniger, welche das Sonnenlicht verdeckt. Allerdings zeigen sie beim Heruntersteigen zu unsern Gegenden keinen Schweif und werden nicht so stark von der Sonne erhellt, dass sie sich dem blossen Auge früher zeigen, als sie selbst dem Jupiter näher stehen. Aber der weit grössere Teil des in einem so kleinen Gebiete um die Sonne beschriebenen Raumes liegt auf der Seite der Erde, welche nach der Sonne gerichtet ist; und in jenem grössern Teile werden die Kometen, welche der Sonne meistens näher sind, auch gewöhnlich stärker beleuchtet.

Zusatz 3. Daher wird auch offenbar, dass der Himmel keinen Widerstand darbietet. Denn indem die Kometen schiefe und bisweilen dem Planetenlaufe entgegengesetzte Bahnen befolgen, bewe-

gen sie sich auf jegliche Weise möglichst frei und erhalten sogar ihre Bewegungen gegen den Planetenlauf aüsserst lang. Ich irre mich, wenn sie nicht zu den Planeten gehören und im ewigen Wechsel wiederkehren. Denn was einige Schriftsteller behaupten, dass die Kometen blosse Erscheinungen der Luft seien, entbehrt nach der Beweisführung von den immerwährenden Veränderungen an 200 Kometenköpfen des Grundes. Die Kometenköpfe sind von ungeheuren Dunstkreisen umgeben, und diese Dunstkreise müssen nach unten dichter sein. Nun sind die Wolken nicht selbst Kometenkörper, in denen jene Veränderungen vorgehen. Von den Planeten aus betrachtet, würde die Erde ohne Zweifel im Lichte ihrer Wolken erglänzen und der feste Kern unter den Wolken beinahe verborgen bleiben. So sind die Gürtel Jupiters von den Wolken jenes Planeten gebildet worden, und ändern unter sich ihre Lage, so dass wir den festen Jupiterkern durch jene Wolken schwieriger sehen. Die Kometenkerne müssen nun unter den sowohl tiefern als dichtern Dunstkreisen noch viel mehr verhüllt bleiben.

40. (L. 20.) Die Kometen bewegen sich nach Kegelschnitten, deren Brennpunkte in der Sonne sind und deren zur Sonne gezogene Radien den Zeiten proportionale Flächen beschreiben.

Zusatz 1. Daraus ergibt sich, wenn die Kometen in ihren Bahnen wiederkehren, so sind diese Bahnen Ellipsen und ihre Umlaufszeiten verhalten sich zu den Umlaufszeiten der Planeten im anderthalben Verhältnis ihrer Hauptachsen. Daher drehen sich die Kometen langsamer, wenn sie im grössern Teil über den Planeten sich befinden und aus diesem Grunde ihre Bahnen um die grössern Achsen beschreiben. Wenn also die Bahnachse des Kometen 4 mal grösser ist als die Achse der Saturnbahn, so verhält sich auch die Umlaufszeit des Kometen zur Umlaufszeit Saturns, d. h. zu 30 Jahren wie $4\sqrt{4}$ (oder 8) : 1; beträgt somit 240 Jahre.

Zusatz 2. Aber die Bahnen gleichen den Parabeln so sehr, dass man ohne merklichen Fehler sie als solche annehmen darf.

Zusatz 3. Deswegen verhält sich (I, P. 15, Z. 7) die Schnelligkeit jedes Kometen immer zur Schnelligkeit irgend eines um die Sonne kreisenden Planeten im anderthalben Verhältnis des doppelten Abstandes dieses Planeten vom Sonnenmittelpunkt beinahe zum Abstand des Kometen vom Sonnenmittelpunkt. Setzen wir den

grössten Halbmesser der Bahn oder Ellipse, in welcher sich die Erde dreht, zu 100 Millionen Teilen an, so wird die Erde in ihrer mittlern täglichen Bewegung 1720212, und in ihrer stündlichen Bewegung 71675½ Teile durchlaufen. Daher wird ein Komet in demselben mittlern Sonnenabstand mit einer Geschwindigkeit, welche sich zu derjenigen der Erde verhält wie $\sqrt{2} : 1$, täglich 2432742 und stündlich 101364½ Teile durchlaufen. Aber in grössern oder kleinern Abständen wird sich sowohl die tägliche als die stündliche Bewegung zu jener täglichen und stündlichen Bewegung im anderthalben Verhältnis der gegenseitigen Abstände verhalten, die sich daraus ergeben.

Lemma 5. Die parabolische Kurve zu bestimmen, welche durch beliebig viele, gegebene Punkte geht.

Lemma 6. Aus einigen Ortsbestimmungen des Kometen den Ort zu finden, wo derselbe zu einer beliebig dazwischen liegenden, gegebenen Zeit sich befindet.

Lemma 7. Durch einen gegebenen Punkt eine Gerade zu ziehen, deren Abscissen mit zwei gegebenen Geraden gegenseitig das gegebene Verhältnis haben.

Lemma 8. Ueber den Punkt, welcher bei einer Sehne ein der Zeit nahezu proportionales Stück einer Parabel abschneidet.

Lemma 9—11. Eigentümlichkeiten der Parabel.

41. (A. 21.) Die parabolische Bahn des Kometen aus 3 gegebenen Beobachtungen zu bestimmen. — Tabelle über den Kometen von 1680 nach Flamsteed, Rechnung nach Halley, weitere Beobachtungen von Cassini, Montenari, Hook, Hevel, Mitteilungen Tycho's und Kepler's über den Kometen von 1577 u. s. w.

57. Proposition 42 des 3. Buches. 42. (A. 22.) Die gefundene Bahn eines Kometen graphisch zu verbessern.

Vorerst zeigt sich, dass die genau beobachteten Kometen nach demselben Gesetze bewegt werden wie die Planeten, wofür einige Tabellen beigefügt sind.

Der rückläufige Komet von 1607 beschrieb eine Bahn, welche in Beziehung auf Knoten, Neigung zur Ekliptik, Perihel, Periheldistanz mit demjenigen von 1682 möglichst nahe zusammenfiel. Wenn diese beiden ein und derselbe waren, so würde dieser Komet in einem Zeitraum von 75 Jahren seinen Umlauf vollenden und die grössern Achsen des Kometen und der Erde würden sich

ungefähr verhalten wie 18 : 1. Und die Sonnenferne des Kometen wird sich zum mittlern Sonnenabstand der Erde verhalten beinahe wie 35 : 1. Aus diesen bekannten Verhältnissen lässt sich unschwer die elliptische Bahn dieses Kometen bestimmen. Und daraus lässt sich gleich erkennen, ob der Komet in 75 Iahren in dieser Bahn wiederkehren werde. Andere Kometen drehen sich in längerer Zeit und entfernen sich noch mehr von der Sonne.

Uebrigens können sich die Kometen, durch ihre grosse Zahl, ihre grosse Sonnenferne, ihren langen Aufenthalt in dieser letztern, durch ihre gegenseitige Schwere nicht stören und ihre Exzentrizitäten und Umlaufszeiten bald ein wenig vermehren, bald vermindern. Darum ist nicht zu erwarten, dass derselbe Komet, in derselben Bahn, und mit denselben Umlaufszeiten genau wiederkehre. Es genügt, wenn nicht grössere Veränderungen eintreten, als wie aus den vorgenannten Ursachen entstehen.

Und daraus ergibt sich der Grund, warum die Kometen nicht nach Art der Planeten auf den Tierkreis beschränkt bleiben, sondern darüber hinaus gehen und verschiedene Bewegungen in allen Gegenden des Himmels machen. Gerade zum Zwecke, dass sie in der Sonnenferne, wo sie am langsamsten bewegt werden, möglichst weit von einander abstehen und sich möglichst wenig anziehen. Aus derselben Ursache müssen die Kometen, welche sehr weither kommen, und so in der Sonnenferne am langsamsten sich bewegen, auch sehr weithin von dannen ziehen.

Der Komet, welcher 1680 erschien, stand in seiner Sonnennähe weniger als um den 6. Teil des Sonnendurchmessers von der Sonne ab und musste wegen der höchsten Schnelligkeit in jener Nähe und der gewissen Dichtigkeit der Sonnenatmosphäre irgend einen Widerstand erleiden, etwas weniges verzögert werden und sich noch mehr der Sonne annähern. Und wenn er in einzelnen Umlaüfen sich der Sonne immer nähert, so muss er endlich in die Sonne fallen. Aber er kann auch in der Sonnenferne, wo er sich am langsamsten bewegt, durch die Anziehung anderer Kometen einigermassen verzögert werden und hierauf in die Sonne hineinfallen. So können auch die Fixsterne, welche allmälig an Licht und Dunst erlöschen, durch hineinfallende Kometen hergestellt werden, durch neue Nahrung entflammt und für neue Sterne angesehen werden. Aber die Dämpfe, welche aus der Sonne, den Fixsternen und den Kometenschweifen entstehen, müssen durch

ihre Schwere in den Dunstkreis der Planeten fallen und daselbst verdichtet und in Wasser und feuchte Dünste verwandelt werden und hierauf allmälig durch langsame Wärme in Salze, Schwefel Tinkturen, Schlamm, Kot, Thon, Sand, Steine, Korallen und andere irdische Bestandteile übergehen. Aber mit dem abnehmenden Sonnenkörper werden die mittlern Bewegungen der Planeten um die Sonne allmälig langsamer und bei der zunehmenden Erde wird die mittlere Bewegung des Mondes um die Erde allmälig schneller. Indem Halley die Beobachtungen der Finsternisse bei den Babyloniern und bei Albategnius mit den heutigen, und die mittlere Bewegung des Mondes mit der täglichen der Erde verglich, entdeckte er zuerst, dass sie allmälig beschleunigt werden.

58. Schlussanmerkung. Die Wirbelhypothese wird von vielen Schwierigkeiten bedrängt. Wie irgend ein Planet mit dem zu der Sonne gezogenen Leitstrahl der Zeit proportionale Flächenraüme beschreibt, so müssten sich die Umlaufszeiten der Teile des Wirbels im doppelten Verhältnis wie ihre Sonnenabstände verhalten. Da die Umlaufszeiten der Planeten sich im anderthalben Verhältnis ihrer Sonnenabstände verhalten, so müssten die Umlaufszeiten der Teile des Wirbels sich in demselben Verhältnis der Abstände verhalten. Wie die kleinern, um Saturn, Jupiter und andere Planeten gedrehten Wirbel sich erhalten und ruhig im Wirbel der Sonne mitschwimmen, so müssten die Umlaüfe der Theile des Sonnenwirbels gleichartig sein. Die Achsendrehungen der Sonne und der Planeten stimmen nicht mit allen diesen Verhältnissen überein. Die Bewegungen der Kometen sind höchst regelmässig und beobachten dieselben Gesetze wie die Bewegungen der Planeten und lassen sich durch die Wirbel nicht erklären. Die Kometen werden in sehr langgestreckten Bewegungen durch alle Teile des Himmels bewegt, was nur geschehen kann, wenn die Wirbel beseitigt werden.

Die Geschosse merken in unserer Luft einzig den Widerstand der Luft. Wenn man letztere wegnimmt, wie in der boylianischen Leere geschieht, so hört der Widerstand auf, da ja die dünne Feder und das feste Gold in dieser Leere mit derselben Geschwindigkeit fallen. Gleich ist das Verhältnis der himmlischen Raüme, welche ausserhalb des irdischen Dunstkreises sind. Alle Körper müsssen sich in diesen Raümen möglichst frei bewegen; und deshalb drehen sich immerfort die Planeten und Kometen in nach

Art und Lage gegebenen Bahnen gemäss den oben entwickelten Gesetzen. Sie werden zwar in ihren Bahnen verharren vermittelst der Gesetze der Schwere; aber konnten keineswegs durch diese Gesetze von Anfang an die regelmässige Lage der Bahnen erlangen. Sechs Planeten gehen in zur Sonne konzentrischen Kreisen um die Sonne herum, in derselben Richtung und beinahe in derselben Ebene. Zehn Monde gehen in konzentrischen Kreisen um Erde, Jupiter und Saturn, in derselben Richtung und beinahe in den Ebenen ihrer Planetenbahnen. Und diese sämtlichen regelmässigen Bewegungen haben ihren Ursprung nicht in mechanischen Ursachen; da ja die Kometen sich in sehr exzentrischen Bahnen und in allen Teilen des Himmels frei bewegen. In dieser Art Bewegung gehen die Kometen am schnellsten und leichtesten durch die Planetenbahn und in ihren Sonnenfernen sind sie um so langsamer und verweilen um so länger, je weiter sie von einander abstehen und je weniger sie sich gegenseitig anziehen. Dieses vorzüglichste Band zwischen der Sonne, den Planeten und den Kometen konnte nur durch den Rat und die Herrschaft des weisen und mächtigen Wesens entstehen. Und wenn die Fixsterne Mittelpunkte ähnlicher Systeme sind, so sind dieselben alle nach demselben Plan errichtet und stehen unter der Herrschaft des Einen und Einzigen; besonders da das Licht der Fixsterne von derselben Natur ist wie das Licht der Sonne und alle Systeme gegenseitig das Licht in alle andern hinaussenden.

Dies Alles regiert er, nicht als die Weltseele, sondern als der Herr des Weltalls, und wegen dieser Herrschaft wird er Herr Gott geheissen. . . . Er ist ewig, unendlich, allmächtig, allwissend, allgegenwärtig, d. h. er dauert von Ewigkeit zu Ewigkeit und ist gegenwärtig von einer Unendlichkeit bis zur andern; er regiert und weiss alles, was geschieht und was man wissen kann. Er ist nicht die Ewigkeit noch Unendlichkeit, aber ewig und unendlich; er ist weder Dauer noch Raum, aber er dauert und ist überall. Er dauert immer und ist überall zugegen und durch sein immerwährendes Dasein und seine unbeschränkte Dauer und Ausdehnung setzt er Ewigkeit und Unendlichkeit fest. Mit einem beliebigen Teilchen Raum besteht er immer, und mit einem beliebig unteilbaren Augenblick der Dauer überall. Sicherlich wird der Schöpfer und Herr aller Dinge nicht niemals oder nirgends sein. Allgegenwärtig ist er nicht nur durch seine Kraft, sondern

auch durch seinen Stoff. Denn die Kraft besteht nicht ohne Stoff. In ihm bestehen und wandeln alle Dinge; aber ohne gegenseitige Leiden. Gott leidet nicht unter den Bewegungen der Körper, sie merken keinen Widerstand aus der Allgegenwart Gottes. Der höchste Gott besteht notwendig, das ist ein allgemeines Bekenntnis. Und nach derselben Notwendigkeit muss er immer und überall sein. (Viele Bibelstellen.) Daher ist auch alles ihm ähnlich, alles Auge, alles Ohr, alles Gehirn, alles Arm, alles Gefühl, Verstand, Tätigkeit, aber keineswegs auf menschliche Weise, keineswegs auf körperliche Weise, auf eine uns gänzlich unbekannte Weise. Wie der Blinde keinen Begriff hat von der Farbe, so haben wir keinen Begriff von der Art, wie der allweiseste Gott alles merkt und versteht. Jeglichen Körpers und der Körpergestalt bar, kann er also nicht gesehen, noch gehört, noch berührt, noch nach Art irgend eines körperlichen Dinges verehrt werden. Wir haben Begriffe von seinen Eigenschaften; wissen aber keineswegs, wie der Stoff irgend eines seiner Dinge ist. Wir sehen nur die Gestalten und Formen der Körper, wir hören nur den Schall, wir berühren nur die Oberflächen, riechen nur die Gerüche, und kosten den Geschmack, die innern Bestandteile kennen wir durch keinen Sinn, durch keine überlegte Bewegung (Tätigkeit) und viel weniger haben wir einen Begriff von Gottes Wesen und Stoff. Ihn kennen wir einzig durch seine Eigenschaften und Beigaben und durch die weisesten und besten Gebilde der Dinge, und den Endzweck; wir verehren ihn und beten ihn an wegen seiner Herrschaft. Gott ist nämlich ohne Herrschaft, ohne Vorsehung und ohne Endzweck nichts anderes als Fatum (unabänderliches Schicksal) und Natur. Und diese erstreckt sich von Gott, von welchem es sich also in den Himmelserscheinungen überall handelt, zur Experimentalphilosophie.

Bisanhin habe ich die Erscheinungen des Himmels und unsers Meeres, welche aus der Schwerkraft hervorgingen, auseinander gesetzt; aber die Ursache der Schwere habe ich noch nicht angegeben. Es entsteht also diese Kraft aus einer gewissen Ursache, welche bis zu den Mittelpunkten der Sonne und der Planeten dringt ohne Verminderung der Stärke und welche nicht nach der Menge der senkrechten Oberflächen wirkt, in welchen sie wirkt (wie die mechanischen Ursachen zu tun pflegen), sondern nach der Menge des festen Stoffes, und dessen Tätigkeit sich in unermessliche Entfernungen nach allen Seiten erstreckt, und im dop-

pelten Verhältnis der Entfernung abnimmt. Die Schwere der Sonne ist zusammengesetzt aus der Schwere der einzelnen Sonnenteilchen, und bei der Entfernung von der Sonne nimmt sie genau im doppelten Verhältnis der Entfernung ab bis zur Bahn Saturns, wie aus der Ruhe der Sonnenfernen der Planeten offenbar ist und bis zu den aüssersten Sonnenfernen der Kometen, wenn nur jene Sonnenfernen ruhen. Aber der Grund der Eigenschaften ihrer Schwere habe ich aus den Himmelserscheinungen noch nicht ableiten können und Hypothesen ersinne ich keine. Was also aus den Himmelserscheinungen nicht abgeleitet wird, heisst Hypothese und Hypothesen sowohl metaphysische als physische, sowohl der verborgenen Eigenschaften als mechanische finden in der Experimentalphilosophie keinen Platz. In dieser Philosophie werden aus den Himmelserscheinungen Sätze abgeleitet und durch den Schluss zu allgemeinen gemacht. So erkennt man die Undurchdringlichkeit, die Beweglichkeit, den körperlichen Anstoss und die Gesetze der Bewegung und der Schwere. Und es ist genug, dass die Schwere in Tat und Wahrheit vorhanden ist und nach den uns mitgeteilten Gesetzen wirkt und für alle Bewegungen der Himmelskörper und des Meeres hinreicht.

Jetzt wäre es angezeigt, etwas von jenem gewissen, feinen Geiste oder Hauche beizufügen, welcher durch die grossen Körper geht und in ihnen verborgen ist, durch dessen Kraft und Wirkungen die Teilchen der Körper sich gegenseitig auf die kleinsten Entfernungen anziehen und die zunächst liegenden zusammenhängen. Die elektrischen Körper wirken auf grössere Entfernungen, nahe Körperchen sowohl abstossend als anziehend. Das Licht wird ausgesandt, zurückgestrahlt, gebrochen, gebeugt; es erwärmt die Körper und jegliche Empfindung wird erregt und die Glieder der Tiere werden nach dem Willen bewegt, durch Erschütterungen eben dieses Geistes durch feste Röhrchen der Nerven von den aüssern Organen der Sinne zum Gehirn und vom Gehirn in die Muskeln übergeleitet. Aber das kann man mit wenigen Worten nicht auseinandersetzen, auch hilft nicht die nötige Menge der Versuche, mit denen die Gesetze der Bewegungen dieses Geistes genau bestimmt und gezeigt werden sollen.

59. Kampf um Wirbeltheorie oder Massenschwere. Es entbrannte ein lebhafter Kampf zwischen der Wirbeltheorie und

der Massenschwere. Er dauerte 80 Jahre an. Einzelne Teile der newtonischen Lehre wurden von den Kartesianern als Fortschritte erklärt und angenommen, andere mit der grössten Entschiedenheit zurückgewiesen, als unvereinbar mit den Grundsätzen wissenschaftlicher Forschung. Laplace sagt darüber (Exposition des Weltsystems, V, 5) im Wesentlichen: Huygens hat mehr als jeder andere Zeitgenosse Newtons das Verdienst des letztern gewürdigt. Aber bei seinen Ansichten über die Ursache der Schwerkraft verwarf er die Anziehung der einzelnen Stoffteilchen unter sich und die daraus abgeleiteten Theorien über die Gestalt der Planeten und über die Verschiedenheit der Schwere an ihrer Oberfläche. Man muss indessen bemerken, dass das Gesetz über die allgemeine Gravitation für Newton selbst und für seine Zeitgenossen noch nicht die volle Gewissheit hatte, welche ihm die fortschreitende Mathematik und die ausgedehnten Beobachtungen seitdem verliehen haben. Euler und Clairaut, welche es mit d'Alembert zuerst auf die Störungen der Himmelsbewegungen anwandten, hielten es noch für zu unsicher, um die ungenauen Annäherungen zu erklären, welche sie zwischen der Beobachtung und ihrer Rechnung über die Bewegungen Saturns und über die Erdnähe des Mondes fanden. Die Himmelserscheinungen können in 3 Klassen gebracht werden: Die 1. Klasse umfasst diejenigen, welche nur von dem Bestreben der Mittelpunkte der Weltkörper zu einander abhangen, wie die elliptischen Bewegungen der Planeten und Trabanten und ihre gegenseitigen Störungen, sofern sie von ihrer Gestalt unabhängig sind. Ich fasse in die 2. Klasse die Erscheinungen zusammen, welche sich auf das Bestreben der Stoffteilchen der Nebenkörper gegen den Mittelpunkt ihrer Hauptkörper beziehen, wie die Gezeiten, die Präzession und die Libration des Mondes. Endlich reihe ich in die 3. Klasse die Erscheinungen, welche von der Wirksamkeit der Stoffteilchen ihrer Hauptkörper auf die Mittelpunkte ihrer Nebenkörper und auf ihre eigenen Stoffteilchen abhangen. Die beiden Ungleichheiten des Mondes, welche der Abplattung der Erde zugeschrieben werden, die Rundbahnen der Trabanten Jupiters und Saturns, die Gestalt der Erde und die Veränderlichkeit der Schwere an ihrer Oberfläche gehören hieher. Die Kartesianer, welche zur Erklärung der Schwerkraft jeden Weltkörper mit einem Wirbel umgaben, konnten die newtonischen Theorien bezüglich der Erscheinungen der beiden ersten Klassen annehmen; aber sie

mussten, wie es Huygens tat, die Erscheinungen der 3. Klasse verwerfen, welche auf die Tätigkeit der Stoffteile der anziehenden Körper gegründet waren.

60. Sieg der Massenschwere. Die Schwierigkeiten der Wirbeltheorie haüften sich, und es fand sich kein Kartesianer, der die Theorie mit den erweiterten Kenntnissen in Uebereinstimmung zu bringen verstand. Wohl erklärte die Wirbeltheorie die Bewegung der Planeten und Trabanten, wenn man von den speziellen Störungen absah; aber die Kometen wurden für sie der Stein des Anstosses. Für die grosse Schiefe ihrer Bahnen zur Ekliptik oder gar für die Rücklaüfigkeit und für den allzugrossen Unterschied ihres Sonnenabstandes hatte die Wirbeltheorie keine Erklärung. Auch war die Lehre über das Licht, also z. B. über das Sonnenlicht zu flüchtig hingeworfen, um bekümmerte Gemüter zu beruhigen. Jede Lehre, welche Beruhigung bot, war eine Wohltat. Hätte man damals erst gewusst, dass die Kometen bisweilen eigenes Licht haben, so wären die Befürchtungen noch grösser gewesen, die Erde könnte von einem Haarstern ins Schlepptau genommen werden. Zuerst zweifelte man an der Rücklaüfigkeit gewisser Kometen; aber gerade die hervorragendsten Kartesianer mussten sich davon überzeugen. Uebrigens waren die sonderlichen Schweifsterne zu seltene und vorübergehende Erscheinungen, um die Wirbeltheorie vollständig zu Fall zu bringen. Sie erschütterten dieselbe blos, um so mehr, da die französische Akademie, im Glanze ihres aufstrebenden Ruhmes, unentwegt zu ihrem Landsmanne Descartes stand.

Da kam Voltaire aus seiner Verbannung in England zurück und gab 1738 eine Schrift heraus: „Elemente der newtonischen Philosophie". Damals zählte Newton noch kein Dutzend Anhänger auf dem Festland Europas. Aber die erwähnte Schrift brachte die Grundzüge der newtonischen Schwere zur allgemeinen Kenntnis der Gebildeten. Indem Voltaire noch besonders darauf abzielte, mit dem wachsenden Glanz des eigenen Glücksterns die Verdienste Descartes' auf allen Punkten (besonders in Literatur und Naturwissenschaft) herunterzumachen, wurde die Wirbeltheorie trotz des zähen Widerstandes einzelner Akademiker bis ins Fundament erschüttert und bei Anlass der Abplattung unsers Planeten, welche Frage eigentlich nicht eng mit ihr zusammenhing, fallen gelassen.

Newton hatte nämlich die Abplattung der Erdpole theoretisch entwickelt; die französischen Gelehrten widersprachen. Letztere nahmen Messungen vor in Lappland und in Peru, jene wurden 1737 beendet, diese 1744. Die Messung bestätigte die Abplattung. Da gab die französische Akademie der Wahrheit die Ehre. Nur der alte Fontenelle ergab sich nicht, bis er 1757 als beinahe hundertjähriger Kartesianer in die Gruft gesenkt wurde.

61. Urteile über Descartes und Newton. Die Geschichte verherrlicht gewöhnlich hintendrein den Sieger und bekrittelt den Besiegten, beides über die Massen. So ging es auch mit Newton und Descartes.

Delambre (1740—1822) spricht sich in seiner Geschichte der Astronomie sehr ungünstig über seinen Landsmann aus: Descartes brachte wieder die Methode der alten Griechen auf, die darauf losdisputirten, bis Einem Hören und Sehen verging, ohne etwas zu berechnen; aber Irrtum gegen Irrtum, Roman gegen Roman, ziehe ich die festen Sphären des Aristoteles weit den kartesianischen Wirbeln vor. Mit jenen Sphären hat man wenigstens Planetarien gemacht, welche die Himmelsbewegungen veranschaulichten, man hat annähernde Rechnungsmethoden gefunden; aber aus den Wirbeln konnte man keinen Nutzen ziehen, weder für die Rechnung, noch für die Maschinen.

Dagegen sagt Rémusat in seiner Geschichte des Kanzlers von Verulam: Baco ist im Grunde nur ein Kritiker, Descartes ist ein Schöpfer.

Ausonia Franchi (Studj filosofici, Milano 1861) sagt: Die Descartes'sche Philosophie hat dem gemeinsamen Loose der metaphysischen Theorien nicht entgehen können; seine Methode dagegen ist die wesentliche Bedingung für die Fortschritte der Philosophie geworden. Sie bezeichnet 3 Stufen: 1) einleitender Zweifel, welcher den Verstand von Vorurteilen und Irrtümern befreit; 2) genaue Prüfung der Vorstellung, um den fraglichen Gegenstand, den Wert und die Grenzen der Erkenntnis zu bestimmen; 3) klare Einsicht in das Gefundene, damit es als höchstes Kennzeichen der Wahrheit und der Gewissheit diene. In diesen einfachen, methodischen Grundsätzen war die ausgedehnteste und tiefste philosophische Neuerung enthalten, deren Zeuge die Welt seit dem Tode des Sokrates geworden war.

Dr. Rudolf Wolf sagt (Geschichte der Astronomie, München 1877, Seite 466): Beim Erscheinen der newtonischen Prinzipien hielt die Pariser Akademie an den zum Teil sehr gesunden und auch von Newton gar nicht verkannten Prinzipien ihres Kartesius zähe fest.

Auf dem prächtigen Denkmale, das Newton von seiner Familie erhielt, steht: Die Sterblichen mögen sich Glück wünschen, dass eine solche und eine so grosse Zierde des Menschengeschlechts gelebt hat.

Die Grabschrift, welche Pope ihm widmete, lautet:

Nature and all her works lay hid in night;
God said: Let Newton be! and all was light.

Der Schlusssatz, welcher im Deutschen oft vereinzelt vorkommt, heisst:

Gott sprach: Es werde Licht!
Da kam Newton und mit ihm das Licht.

Lagrange meint: Newton war nicht allein der grösste aller Gelehrten, sondern auch der glücklichste; denn man kann nur Ein Weltgesetz entdecken.

Immerhin waren die die keplerschen Gesetze vorher bekannt; daher das Wort: Kepler schrieb ein Gesetzbuch; Newton den Geist der Gesetze.

Die beiden universellen Geister, Descartes und Newton, sind im Lauf von 2 Jahrhunderten durch die Legende verschleiert worden. Ersterer gilt jetzt nur noch als Philosoph; als Naturforscher ist er verschollen. Letzterer steht heute noch im vollen Glorienschein eines Mathematikers und Naturforschers da. Aber in der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts haben Anhänger und Gegner Descartes' dessen Lob und Tadel zu überbieten gesucht. So behaupteten die Kartesianer, ihr Meister habe Pascal schon 2 Jahre vorher aufgefordert, die bekannten Höhenmessungen mit dem Barometer vorzunehmen. Anderseits wurde entgegnet, Snellius (1597—1626) habe die Gesetze über die Brechung des Lichtes erforscht und Descartes habe das Werk als eigene Arbeit veröffentlicht. Richtig ist, dass Descartes 1644 in seinen „Prinzipien" (IV, 116) u. a. sagt, eine Lampe könne Jahre lang in einem luftdicht verschlossenen Raume fortbrennen, während Otto von Guerike damals schon herausgefunden hatte, es bedürfe die Flamme der Luft, weil sie einen Teil derselben aufzehre. Aber man sei

gerecht. Descartes hat für seine Zeit eine volle Uebersicht der gesamten Naturlehre gegeben. Wie ausführlich sind für jene Zeit in den „Prinzipien" z. B. Magnetismus und Licht behandelt, welche Einzelnheiten enthalten „Dioptrik" und „Meteorologie". Ich erinnere nur daran, dass z. B. die Theorie des Regenbogens schon in ihrer jetzigen Vollendung vorliegt. Konnte ein vielbeschäftigter und vielseitiger Mann, wie Descartes, dem nur eine karge Mussezeit beschieden war, in 10—15 Jahren alle einzelnen Tatsachen durch eigene Beobachtungen und Versuche erhärten?

Zwar sind die „Prinzipien" Newton's in ihrer Art heute noch ein Meisterwerk. Ob aber die Naturgesetze so rein mathematisch behandelt werden können, ist noch eine offene Frage. Ich bin nicht im Falle, ein vollgültiges und abgeschlossenes Urteil über diese beiden grossen Männer abzugeben; aber soweit ich die Sache kenne, wird als Naturforscher Descartes unterschätzt und Newton überschätzt. Man vergesse ja nicht, sie sind eben keine Zeitgenossen; es liegt eine lange Zeit von 50 Jahren zwischen ihnen und zwar für die Naturforschung eine Zeit des Aufschwungs und des Fortschrittes, eine Zeit der Beobachtung und des Versuchs. Für eine richtige Vergleichung soll man auch ihre aüssern Verhältnisse würdigen. Descartes widmete sich der Naturforschung nur 20 Jahre, Newton volle 60 Jahre; Descartes musste das Anathem über sich ergehen lassen; Newton wurde schon bei Lebzeiten vergöttert.

Ist es sich zu wundern, dass unter solchen Umständen auch die Jetztzeit ihnen noch nicht gerecht geworden ist? Newton gilt uns als Begründer der Emanationstheorie. Hätte aber Descartes nicht viel eher diesen Namen verdient? Newton hat die Streifen des Farbenspektrums ausführlich beschrieben, und überhaupt die Farbenlehre meisterhaft behandelt. Dennoch hat er das Spektrum weder entdeckt, wie bisweilen behauptet wird, noch erschöpft. Die Verwandlung des Sonnenlichtes in die Regenbogenfarben mit Hülfe des Glasprismas war schon den Römern, z. B. einem Seneca bekannt. Ueberhaupt werden viele Ansichten als Erfindungen Newton's bezeichnet, während er sie unverändert oder wenig verändert aus der Wirbeltheorie in seine Schweretheorie herübergenommen hat.

62. Das Zeitalter Newton's. In dieser Periode wurden die wissenschaftlichen Korporationen zahlreicher. Im Jahr 1699 führte die französische Akademie die 8 auswärtigen Mitglieder ein und ernannte: Newton, Leibnitz, Jakob und Johann Bernoulli in Basel, Hartsoeker (Verfertiger von grossen Fernröhren), Römer, Guglielmini und Tschirnhausen. Gleichzeitig mit der genannten Akademie war auch die Royal Society in London gegründet worden. Ihnen folgten Akademien in Berlin 1700, Petersburg 1725, Stockholm 1739, Göttingen 1750, München und Turin 1759.

In Beziehung auf die Kometen war diese Zeit bahnbrechend. Dörfel, ein sächsischer Prediger, erkannte bei Gelegenheit des grossen Kometen von 1680/1 die Bahn als eine Parabel, in deren Brennpunkt die Sonne stehe. Halley berechnete 24 Kometenbahnen. Beim Durchgehen dieses Verzeichnisses kam er auf die wichtige Entdeckung, dass 3 der glänzenden, rücklaüfigen Kometen, die in beinahe gleichen Perioden erschienen waren (1531, 1607 und 1682), identisch seien und bestimmte die Wiederkehr auf 1758.

Als Anhänger Newton's sind noch einige hervorragende, englische Astronomen zu nennen.

John Flamsteed (1646—1720), Direktor der Sternwarte in Greenwich, war der Erste, welcher die Pendeluhr durch zweckmässige Verwendung der Astronomie dienstbar machte. Er ermittelte die gerade Aufsteigung der Sterne vermittelst des Durchganges durch den Meridian. Er bediente sich des Mauerquadranten und versah den beweglichen Radius nicht mit dem damals üblichen Absehen, sondern mit einem Fernrohr. Sein Bestreben war auf möglichste Genauigkeit gerichtet. Seine Beobachtungen übertrafen an Schärfe die tychonischen, wie diese die ptolemäischen übertroffen haben. Er versuchte den Rundgang der Erde an den Fixsternen zu zeigen, und mass in verschiedenen Jahreszeiten die Höhe des Polarsternes. Er fand eine jährliche Aenderung von 40 bis 45 Sekunden. Allein Cassini bewies, dass diese Aenderungen zu andern Jahreszeiten stattfinden müssten, wenn sie vom Rundgange der Erde um die Sonne herrühren sollten.

Sein Nachfolger war Edmund Halley (1656—1742), der Freund und Mitarbeiter Newton's. 1677 beobachtete er auf St. Helena einen Vorübergang Merkurs vor der Sonne und erkannte den Vorteil, welchen derartige Erscheinungen für die Bestimmung

des Sonnenabstandes der Erde von der Sonne hatten. Er machte zum voraus Vorschläge zur Beobachtung der Venusvorübergänge von 1761 und 1769. Halley entdeckte ferner 1677 den Nebel im Centaur und 1714 denjenigen im Herkules. 1718 wies er nach, dass verschiedene Fixsterne nach dem ptolemäischen Katalog eine Eigenbewegung zeigen. Es betraf gerade die scheinbar grössern Sterne Aldebaran, Sirius, Arktur, deren Ortsbezeichnung schon von Aristillus, Timocharis und Hipparch herrühren. Seiner Verdienste um die Kometen wurde schon erwähnt; dagegen sind nicht zu vergessen seine Erfindung des Spiegeloktanten und seine Verbesserungen an der Taucherglocke und am Thermometer. Bei dieser Gelegenheit will ich die Geschichte der Wärmewage noch etwas vervollständigen. 1593 war Galilei auf den Luftthermometer gekommen. Das war eine Glaskugel, die in eine lange Röhre endigte, Man erhitzte die Kugel und tauchte das offene Ende der Röhre in Weingeist. Hierauf liess man einzig die aüssere Luft auf das Gerät wirken; die Glaswände erkalteten, die eingeschlossene Luft zog sich zusammen und die Flüssigkeit stieg in die Röhre. Eine angebrachte Skala ergab ein relatives und für jedes Instrument individuelles Mass der Wärme. Die florentinische „Accademia del cimento", welche aus Schülern Galilei's gebildet war, nahm mit dem Instrument eine wesentliche Umgestaltung vor. Der Grossherzog Ferdinand II. von Toskana soll das Luftthermometer in ein Flüssigkeitsthermometer umgewandelt haben, indem er die Glaskugel mit einer Flüssigkeit anfüllte, durch Erhitzen die Luft aus der engen Röhre trieb und letztere zuschmolz. Die Akademiker erkannten, dass gewisse Temperaturen einheitlich waren, z. B. die Körperwärme der Menschen, die Luft tiefer Keller, das Wasser mit schmelzendem Eise. Durch Uebertragen einer beliebigen Normalskala erhielt man eine allgemeinere Bezeichnung. Halley fand 1693, dass Quecksilber in der Thermometerröhre immer gleich hoch stehe, wenn man sie in siedendes Wasser tauche. Damit war ein wichtiger Fixpunkt, der Siedepunkt der Wärmewage gefunden. Fahrenheit (1686—1736) aus Danzig, in Amsterdam, hat die ersten genauen Quecksilberthermometer dieser Art verfertigt. Sie hatten einen künstlichen Nullpunkt und einen Siedepunkt von 212°, so dass der Schmelzpunkt auf 32° zu stehen kam und der Unterschied zwischen dem Schmelz- und Siedepunkt 180° betrug.

Auf Halley folgte James Bradley (1692—1761). Er hat 1718 Gamma in der Jungfrau und Castor, und 1753 Nummer 61 im Schwan als Doppelsterne erkannt. Seine Vorgänger auf diesem Felde waren Gottfried Kirch (1700 Mizar), Feuillée (1709 Alpha im Centaur). Er beschäftigte sich auch mit der Eigenbewegung der Fixsterne und sprach darüber schon 1748 sehr beherzigenswerte Worte. Seine grössten Errungenschaften sind aber die Entdeckung der Aberration oder Abirrung des Lichtes und der Nutation oder Schwenkung der Erdachse. Bradley setzte nämlich etwa 20 Jahre lang an etwa 60 verschiedenen Sternen die Beobachtungen fort, welche Flamsteed begonnen hatte und welche eine kleine jährliche Ortveränderung ergaben. Die Sache verhält sich so: Denken wir uns einmal einen ruhigen, gleichmässigen Regen und eine grössere, gedeckte und aufrechte Walze, welcher man verschiedene Bewegungen mitteilen kann. Wenn die Walze ruht, so fallen die Regentropfen nur auf den Deckel (und dessen Rand). Dasselbe ist der Fall, wenn die Walze hinauf, oder langsamer als die Regentropfen hinunter bewegt wird. Denkt man sich aber ein sehr schnell herunterfallendes Meteor, so wird dasselbe vorzüglich an der untern Seite benetzt werden. Neben der Richtung kommt aber noch die Menge der Tropfen in Betracht, welche in einer bestimmten Zeit auf eine gewisse Fläche fallen. Die ruhende Walze erhält eine mittlere Anzahl Tropfen in einer bestimmten Zeit, die steigende eine vermehrte, die fallende eine verminderte Anzahl. Wird aber die Walze schnell seitwärts, z. B. nach Osten bewegt, so wird auch ihre östliche Seite direkt vom Niederschlag getroffen. Es hat dann den Anschein, als ob der Regen nicht mehr genau abwärts falle, sondern derart umgeschlagen habe, als ob er schief gegen Westen hin sich ergösse. Je nach der schnellern oder langsamern Seitenbewegung der Walze wäre die Richtung mehr oder weniger abgelenkt; oder die Walze müsste mehr oder weniger gedreht werden, wenn sie nur auf dem Deckel benetzt werden sollte. Kehren wir nach dieser Abschweifung wieder zum Weltall zurück. Aehnlich senden die Sterne von allen Seiten des Himmels der Erde Licht zu, während diese in schnellem Laufe um die Sonne geht. Nun ersieht man nach Bradley die Ortsveränderung der Erde an den Fixsternen. Jeder Stern werde nie an dem Orte gesehen, wo er erscheinen müsste, wenn die Erde stille stünde oder das Licht zur Fortpflanzung keine Zeit gebrauchte. Diese

beiden Ursachen bewirken aber, dass man das Fernrohr in eine Lage bringen müsse, welche mit derjenigen nach dem wahren Ort des Sternes gehenden Richtung einen kleinen Winkel bildet und zwar müsse man es in der Richtung, in welcher sich die Erde bewegt, weiter vorwärts neigen. Jener Winkel sei aber um so kleiner, je kleiner das Verhältnis der Geschwindigkeit der Erde zu derjenigen des Lichtes sei (1 : 10000). Die Sterne am Pol der Ekliptik beschreiben jährlich eine der Erdbahn ähnliche Ellipse, deren grosse Achse 40,5 Sekunden beträgt. Gegen die Ekliptik hin wird die kleine Achse immer geringer. In der Ekliptik selbst schrumpft die Ellipse zur Linie, und zwar je nach der Lage zur grossen oder kleinen Achse herab.

Bradley fand bei diesen scheinbaren Ortsveränderungen der Sterne 2 verschiedene Perioden, nämlich eine Periode von einem Jahr, welche den Sternort um 20 Sekunden vom mittlern Punkt verschiebt und eine von 19 Jahren, welche denselben höchstens um 9 Sekunden verschiebt. Letztere Periode erklärte Bradley durch die Schwankung der Erdachse, welche vom Mondlauf bedingt ist.

In dieser Zeit hatte Deutschland einen tüchtigen Astronomen, Tobias Mayer in Göttingen (1723—1762). Aus früherer Zeit wäre noch nachzuholen Hevel (1611—1687), der Bürgermeister von Danzig. Beide haben den Kometen und besonders dem Monde ihre Aufmerksamkeit gewidmet. Letzterer zeichnete die erste Mondkarte, welche auf grössere Genauigkeit Anspruch machen konnte. Er führte daselbst die Gebirgsnamen Vesuv, Karpathen u. s. w. ein und die Namen der vermeintlichen Meere, das ruhige Meer, das heitere Meer u. s. w. Riccioli (1598—1671) gab 1651 seinen neuen Almagest heraus, worin er 49 Gründe für und 77 Gründe gegen das kopernikanische System anführt. Er begann, den Mondbergen die Namen berühmter Männer beizulegen wie Archimedes, Kepler, Tycho, Galilei u. s. w. Tobias Mayer hat hierauf eine Mondkarte verfertigt, die mehr als ein halbes Jahrhundert den ersten Rang einnahm. Er gab ferner Mondtafeln heraus, um darnach die genaue Bestimmung der irdischen Länge zu ermöglichen. Dafür erhielt er von England einen Preis von 5000 Pfund. Das englische Parlament hatte nämlich 1713 einen Preis von 20000 Pfund für die beste Methode ausgesetzt, um auf der See die Länge bis $^1/_2{}^0$ zu bestimmen; ferner 15000 Pfund,

um diese Länge bis $^2/_3{}^0$ und endlich 10000 Pfund, um dieselbe bis 1^0 zu bestimmen. Mayer beschäftigte sich auch mit der Eigenbewegung der Sterne, indem er einen Katalog von 80 Sternen aufstellte, deren Standort von 1756 er mit demjenigen von 1706 (nach Römer) verglich.

63. Sternkarten. In dieser Zeit wurde den Sternkarten eine grosse Aufmerksamkeit geschenkt. Ich will aber zugleich die frühern Leistungen auf diesem Gebiete übersichtlich darstellen. Homer erwähnt schon des Sirius und mehrerer Sternbilder. Er kennt die Plejaden, Hyaden, den Orion, den grossen Bären oder Himmelswagen und den Bootes oder Ochsenhüter. Aratus besingt in „Phänomena und Diosemeia" (Erscheinungen und Wunderzeichen) die Sternbilder des Eudoxus. Diesem Werke wurde die Ehre zu Teil, dass Hipparch dazu einen Kommentar und Cicero die Uebersetzung ins Lateinische besorgte. Die ersten genauen Ortsbestimmungen der Sterne rühren von Aristillus und Timocharis. Hipparch verfasste — 150 einen wertvollen Sternkatalog, der von Ptolemäus vermehrt, uns in dessen Syntaxis überliefert wurde. Er enthält Anzahl, Stellung und scheinbare Grösse der Sterne jedes Sternbildes.

Ptolemäus zählt 48 Sternbilder auf, nämlich:

1) Die 12 Bilder des Tierkreises;

3) 21 nördliche Sternbilder, Andromeda, Pegasus, Kassiopeja, kleiner Bär, n. Triangel, Perseus, Fuhrmann, Cepheus, grosser Bär, Drache, Bootes, Schlange, n. Krone, Ophiuchus oder Schlangenträger, Herkules, Leier, Adler, Pfeil, Schwan, Delphin, Pferdchen;

3) 15 südliche Sternbilder, Walfisch, Fluss, Eridanus, Hase, Orion, Schiff Argo, grosser Hund, kleiner Hund, Wasserschlange, Becher, Rabe, Centaur, Wolf, Altar, s. Krone, s. Fisch.

Dieses Verzeichnis enthält 15 Sterne von der 1. Grösse, 45 von der 2., 208 von der 3., 474 von der 4., 217 von der 5., 49 von der 6. Grösse, überdies noch einige dunkle oder neblige Sterne. Von der 6. Grösse hat Ptolemäus nur diejenigen Sterne erwähnt, welche ihm wegen der Lage besonders wichtig schienen.

Der 2. Sternkatalog kam 1437 von Ulug Beigh und enthielt 1019 bedeutend genauere Sternörter.

Tycho gab 1602 ein Verzeichnis von beinahe 800 von ihm selbst auf Uranienburg bestimmten Sternen heraus, das später von Kepler noch ansehnlich vermehrt wurde.

Der augsburger Jurist und Astronom Bayer führte 1603 in seiner „Uranometrie“ 12 südliche, von Seefahrern benannte Sternbilder auf. In seinen 51 Sternkarten bezeichnet er die einzelnen Sterne mit griechischen und lateinischen Buchstaben.

Halley lieferte 1677 einen Katalog von 400 Sternen des südlichen Himmels, welche er auf St. Helena bestimmt hatte.

1690 erschien aus Hevel's Nachlass „Firmamentum Sobiescianum“, 54 Sternkarten mit 1870 Sternen, 11 neue Sternbilder enthaltend.

1729 erschien von Flamsteed die „britische Historie des Himmels“ in 28 grossen Karten mit 3300 Sternen.

Alle frühern Arbeiten übertrifft an Genauigkeit der von Bradley für das Jahr 1760 aufgestellte Katalog mit 389 Sternen.

Kapitel 7.

Das kantsche Weltsystem.

64. Kant. Einen einfachern Rahmen als das aüssere Leben dieses grossen Mannes, des Schöpfers eines neuen philosophischen Systems, erfordert, kann man sich nicht denken. Die Stadt Königsberg in Ostpreussen und einige Meilen rings um diese Stadt, das ist der Schauplatz seines Lebens; ein vieljähriger Diener, der einzige Begleiter seiner Haüslichkeit; ein Freundeskreis als Ersatz für alle intimern Beziehungen; und bei alledem keine Spur von bewegten Schicksalen.

Kant (1724—1804), der Sohn eines Sattlermeisters, wurde von Jugend an streng religiös erzogen. Im Anfange seiner Studien las er mit Vorliebe die lateinischen Klassiker. Im weiteren Verlaufe widmete er sich der Theologie, Philosophie und Mathematik. Von 1746—1755 war er Hauslehrer. Von da an las er auf der Hochschule über Mathematik, Physik, Logik, Metaphysik, Moral, philosophische Encyklopädie, natürliche Theologie und An-

thropologie. 1770 wurde er ordentlicher Professor der Logik und Metaphysik.

Als akademischer Lehrer wollte er seinen Zuhörern keine bestimmten Sätze eintrichtern, sondern sie zum eigenen Nachdenken anspornen. Als Bürger war er mit den damals vorgeschrittenen Ideen einverstanden, welche die leuchtenden Sterne des nordamerikanischen Befreiungskrieges und der französischen Staatsumwälzung ausmachten. Auf dem Gebiete der Erziehung hielt er es mit Rousseau.

Damals herrschte in Deutschland die Leibnitz-Wolf'sche Philosophie, welche es als ihre Hauptaufgabe erachtete, die Lehren der christlichen Religion noch besonders zu begründen. Die Franzosen hatten seit Descartes diesen Standpunkt überwunden. Die Engländer hatten durch politische und religiöse Stürme sich grosse Freiheiten erkämpft, die sich auf dem philosophischen Gebiete wiederspiegelten und deren Früchte uns in den Ansichten eines Baco, Locke und Hume vorliegen.

Nach 12jähriger Arbeit veröffentlichte Kant 1781 die Kritik der reinen Vernunft. Sie enthält die Grundlagen einer freien Geistesrichtung. Sie blieb anfänglich beinahe unbeachtet. 1788 folgte die Kritik der praktischen Vernunft, 1790 die Kritik der Urteilskraft.

Kant sah ein, dass das Denken allein das Seiende nicht erreichen könne; deswegen griff er auf die Wahrnehmung und Erfahrung zurück. Damit fiel die alte Metaphysik mit den Krücken, welche sie der Religion gegeben hatte. Er zog seine Schlüsse mit rücksichtsloser Strenge, obgleich sein religiös sittliches Gemüt davor erschrack. In der Moral (praktischen Vernunft) suchte er ein Gegengewicht und eine Rechtfertigung der christlichen Religion.

Kant bestimmte die Beschaffenheit und Grenzen des menschlichen Erkenntnisvermögens, bezeichnete die Moral als Grundlage jeder vernünftigen Religion, gab der Rechtslehre und der Aesthetik einfache und feste Grundlagen.

Diese Philosophie bahnte eine neue Zeit an, indem sie in allen Wissenschaften Eingang fand. Kant wurde also ein Reformator der Philosophie, Gesetzgeber über Poesie und Leben, Pionier der freien theologischen Richtung.

65. Veranlassung. Obgleich einzelne astronomische Schriftsteller kaum von Kant's Weltsystem reden, so wird auf der andern Seite, besonders in deutschen Lehrbüchern und auf höhern Unterrichtsanstalten so viel Wesens gemacht von der Kant-Laplace'schen Theorie der Weltenbildung, dass ich diese Sache ausführlicher behandeln muss.

Es geschieht um des Nachweises willen, dass man gar nicht von einer Kant-Laplace'schen Theorie reden kann, wohl aber von den Theorien eines Kant und eines Laplace, weil sie von einander bedeutend abweichen.

Laplace sagt in seiner 7. und letzten Note der Exposition des Weltsystems, er kenne nur eine Theorie über die Entstehung des Sonnensystems, nämlich diejenige von Buffon (1707—1788). Und das ist glaubwürdig. Auch Wolf erklärt in seiner Geschichte der Astronomie, Nr. 167, dass Laplace mutmasslich selbständig auf seine Weltenbildungstheorie gekommen sei.

Buffon, der 2. Archimedes genannt, veröffentlichte 1740 Newton's Theorie der Fluxionen mit einer scharfsinnigen Vorrede, und 1749 mit seinem Freunde Daubenton nach zehnjähriger Arbeit die 3 ersten Bände seines unsterblichen Werkes: „Histoire naturelle générale et particulière“. Dasselbe enthält auch eine Theorie der Weltenbildung, worin die Hypothese erscheint, dass die Gebirge der Erde durch die Gezeiten entstanden seien. Buffon traf auf energischen Widerstand. Deswegen schrieb er gegen das Ende seines Lebens die Epochen der Natur (welche erst 1789 erschienen), in denen er u. A. die Entstehung der Berge dem Feuer und den Vulkanen beilegt. Von dieser letztern Schrift redet wohl Laplace. Kant dagegen, welcher in seiner „allgemeinen Naturgeschichte und Theorie des Himmels 1755“ verschiedene Male auf Buffon verweist, kann nur die 1. Schrift dieses Mannes kennen, die eben in vielen Beziehungen den Epochen der Natur schnurstracks gegenübersteht.

Kant sagt in der Vorrede seiner Naturgeschichte, er sei zu ihrer Veröffentlichung bewogen worden durch Thomas Wright aus Durham, dessen Abhandlung er in den hamburgischen, freien Urteilen vom Jahr 1751 gelesen habe.

Nun treffe ich bei ähnlicher Gelegenheit noch einmal auf die Namen Buffon und Wright, weswegen ich noch folgende Daten beifüge.

1746 war Cuneus in Leyden auf die elektrische Ladung einer Flasche gekommen. Die Nachricht von der grossartigen Wirkung oder dem neuen Wunder verbreitete sich schnell und die grosse Menge behauptete, der Mann bringe in seine Flasche leibhaftige Teufel, die wütend um sich beissen, wenn man sich ihnen nähere. Cuneus wurde verfolgt. Er suchte das Weite und wanderte nach Amerika aus. Die Flasche kam hier in die rechten Hände, nämlich zu Oberpostmeister Franklin. Dieser machte sofort die Entdeckung, dass der Blitz des Himmels und der Funke der leydener Flasche identisch seien, woraus sich später naturgemäss die Erfindung des Blitzableiters ergab. Ehe aber Franklin im Juni 1752 den tatsächlichen Beweis für seine Idee an der Gewitterwolke leistete, stellte er in einer Schrift vom 7. November 1749 alle Daten über die Gleichartigkeit des Blitzes und des elektrischen Funkens zusammen. Die königliche Gesellschaft in London lachte über Franklin's Buch und noch mehr über seinen Blitzableiter.

Nun übersetzte aber Buffon diese Schrift ins Französische und wiederholte die „philadelphier Versuche" mit dem steigenden Drachen sogar vor dem Hof. Scharen Neugieriger strömten hinzu. Darunter war auch ein englischer Arzt, Dr. Wright. Dieser bewirkte, dass seine Landsleute die neue Errungenschaft ebenfalls anerkannten und bewunderten, und dass die königliche Gesellschaft ihr begangenes Unrecht gut machte, indem sie Franklin zum Ehrenmitglied ernannte.

Wahrscheinlich ist die hier zweimal erwähnte Persönlichkeit identisch.

Ich benutze im Folgenden die 4. Auflage des vorerwähnten Kant'schen Werkes, Zeitz bei Wilhelm Webel, und füge den Auszügen jeweilen die betreffende Seitenzahl bei.

66. Kurze Uebersicht der Weltkörper. Als Abriss der Grundbegriffe der Newtonischen Weltwissenschaften erwähnt Kant vorerst der damals (1755) bekannten 6 Planeten, Merkur, Venus, Erde, Mars, Jupiter und Saturn, ferner der Trabanten und Kometen. Im 1. Teil spricht er von den Fixsternen, welch sich um die Milchstrasse, eine Art Tierkreis höherer Ordnung, schare. Er glaubt im Weitern, die Anziehung unserer Sonne erstrecke sich bis zum nächsten Fixstern (10); die Ursache, welche den Weltkörpern die Kreisbewegung erteile, werde in grösserer Entfernung

schwächer und könne ihre Bahnen nicht mehr in eine gemeinschaftliche Fläche bringen. Den Uebergang zwischen den Planeten und den Fixsternen bilden die Kometen. Der 1. Komet wäre also derjenige, der in der Sonnennähe in Folge seiner Exzentrizität den Kreis des letzten Planeten (vielleicht Saturn) durchschnitte. (20).

67. Von dem Ursprung der Planeten und den Ursachen ihrer Bewegungen. Die Planeten und ihre Begleiter beschreiben um die Sonne Kreise nach der Seite, nach welcher sich die Sonne selbst dreht. Uebrigens ist der Raum vollkommen leer. Newton, durch diesen Grund bewogen, konnte keine materialistische Ursache verstatten, die in dem Raume des Planetengebaüdes die Gemeinschaft der Bewegungen unterhalten sollte. Er behauptete, die unmittelbare Hand Gotttes habe diese Anordnung ohne Anwendung von Naturkräften ausgerüstet (22). Ich (Kant) nehme an, dass alle Materien der Weltkugeln unsers Sonnensystems im Anfang aller Dinge, in ihren elementaren Grundstoff aufgelöst, den ganzen Raum des Weltgebaüdes erfüllt haben, darin jetzt dieselben herumlaufen (23). Allein auch in den wesentlichen Eigenschaften der Elemente, die das Chaos ausmachen, ist das Merkmal derjenigen Vollkommenheit zu spüren, die sie von ihrem Ursprung her haben, indem ihr Wesen eine Folge der ewigen Idee des göttlichen Verstandes ist. Die Materie, die blos leidend und der Formen und Anstalten bedürftig zu sein scheint, hat in ihrem einfachsten Zustande das Bestreben, sich durch eine natürliche Entwicklung zu einer vollkommenern Verfassung zu bilden. Die Teilchen von grösster spezifischer Dichtigkeit und Anziehungskraft, welche an und für sich weniger Raum einnehmen und auch seltener sind, werden daher mehr im Weltraum zerstreut als die leichtern (24). Bei einem so erfüllten Raum dauert die allgemeine Ruhe nur einen Augenblick. Die zerstreuten Elemente dichterer Art sammeln vermittelst der Anziehung aus ihrem Bereiche alle Materie von geringerer Dichte; sie selbst aber samt ihrer gewonnenen Materie sammeln sich in Punkten, wo die Teilchen von noch dichterer Gattung sind, diese wieder zu dichtern u. s. w., wodurch im ganzen Chaos verschiedene Klumpen entstehen. Durch die Zurückstossungskraft, die sich in den elastischen Dünsten, riechenden Körpern u. s. w. offenbart, werden die zu ihren Anziehungspunkten fallenden Elemente, wenn der Widerstand seit-

wärts nicht überall gleich ist, von der geradlinigen Bewegung abgelenkt und der senkrechte Fall schlägt in Kreisbewegungen aus (25).

Durch die allgemeine Senkung entsteht im Mittelpunkt der Anziehung ein Körper, der von einem kleinen Keim anfänglich langsam (durch chemische Anziehung), darauf immer schneller (durch newtonische Anziehung) fortwächst, indem er im Verhältnis seines Wachstums die umliegenden Teile stärker zu seiner Vereinigung bewegt. Wenn aber die Masse des Zentralkörpers so weit angehaüft ist, dass die Geschwindigkeit, womit er die Teilchen aus grossen Entfernungen zu sich zieht, durch die schwache Abstossung, womit sie einander hindern, in Seitenbewegungen ausschlägt, die den Zentralkörper vermittelst der Fliehkraft, in einem Kreise umfassen können: so erzeugen sich grosse Wirbel von Teilchen. Indessen sind diese vielfach unter einander streitenden Bewegungen bestrebt, einander zum Gleichgewicht zu bringen (26), indem sie ihre Bewegung einschränken, bis alle in einer Richtung sind, und indem sie ihre Vertikalbewegung einschränken, bis alle horizontal, d. h. in parallel laufenden Kreisen um die Sonne als Mittelpunkt sich nicht mehr durchkreuzen, und endlich nur diejenigen Teilchen schwebend bleiben, die durch ihren Fall eine Geschwindigkeit und durch den Widerstand der andern eine Richtung bekommen haben, um eine freie Kreisbewegung fortsetzen zu können. Die Sonne im Mittelpunkte hat dann freilich die flammende Glut noch nicht, die nach vollendeter Bildung auf ihrer Oberfläche hervorbricht (27). Die parallelen Umlaüfe zu beiden Seiten der Sonnenachse nähern sich nun der Ebene des Sonnenäquators und würden daselbst verbleiben, wenn die Anziehung der Teilchen nicht neue Bildungen, die der Planeten, veranlassten (28), die Anziehung der Elemente von grosser spezifischer Schwere bewirken die Sammlung der nächsten Teilchen zur Bildung eines Körpers, der nach dem Mass des Wachstums seine Anziehung weiter erstreckt und die Elemente aus weitem Umfange zu seiner Zusammensetzung bewegt. Also werden die Planetenmassen sich in derselben Richtung bewegen und die entfernten Planeten sich in derselben Zeit um die Achse drehen wie die nähern (29).

68. Von der Dichtigkeit und Masse der Planeten. Die Teilchen von grösserer spezifischer Schwere werden nicht so bald

von ihrem Wege abgelenkt wie die leichtern. Ihre Bewegung wird also erst in der Nähe der Sonne kreisförmig, weswegen wir sie auch jetzt noch in der Nähe der Sonne treffen (31). Newton glaubte, die Ursache der verschiedenen Dichtigkeit der Planeten sei in der Wahl Gottes zu suchen, indem die innern Planeten mehr Hitze aushalten und die aüssern sich mit geringerer Wärme behelfen müssten. Kant meint dagegen, die Weltkörper könnten an und für sich von derselben Dichtigkeit sein; aber es brauchten sich nur entweder die leichtern oder die schwerern Teilchen auf der Oberfläche anzuhaüfen (32). Newton befürchtet, die Erde würde in Merkurs Nähe wie ein Komet brennen. Kant entgegnet, warum ist denn der Mond zweimal dichter und der Sonne eigene Materie viermal dünner; muss sie nicht von dieser Glut zerstört werden? Gewöhnlich ist der Zentralkörper leichter, Sonne und Erde, Erde und Mond (33). Der Zentralkörper ist eine Mischung aller Weltkörper; die nächsten Planeten eine Aussonderung dichterer Sorten.

Der Zentralkörper ist das Hauptstück seines Systems; folglich die Sonne grösser als die Gesamtheit der Planeten, Jupiter und Saturn grösser als ihre Trabanten. Der Zentralkörper bildet sich aus dem Niedersatze der Teilchen im ganzen Umfang seiner Anziehungssphäre, insofern diese Teilchen ihre Kreisbewegung nicht bekommen konnten, und es musste deren ohne Zweifel eine ungemein grössere Menge geben (34). Die Sonne ist vornämlich durch den Hauptteil des Grundstoffs über den Saturn hinaus vermehrt worden. Nach Newton schlagen die entferntern Teilchen in eine Kometenbewegung aus und vermehren dann die Sonne mit ihrer ganzen Materie (35). Mit der Entfernung der Planeten wird ihre Masse grösser, 1) weil die Sonne die Anziehung der Planeten weniger einschränkt und 2) und 3) die weitern Kugelschalen grösser sind und mehr Grundstoff haben. Dagegen sind die Teilchen in der Nähe der Sonne dichter. Wenn ein Planet in der Nähe eines grössern ist, so wird er durch das ursprünglich geringe Uebergewicht des andern sehr viel von seiner Bildungssphäre verlieren und ungleich kleiner werden (36). So wurde Mars von Jupiter, Merkur von Venus beraubt (37). Berechnung der Planetengrösse nach der Grösse der jeweiligen Kugelschale (38). Die Sonne ist eine durchschnittliche Mischung aller Planetenbestandteile. Buffon fand das Verhältnis der Dichtigkeit aller Planeten zu derjenigen der Sonne 640 : 650. (39).

69. Von der Exzentrizität der Planetenbahnen und dem Ursprung der Kometen. Die Kometen sind keine besondere Gattung von Weltkörpern, sie unterscheiden sich vom Geschlecht der Planeten nur durch die Stufe. Wahrscheinlich gibt es über den Saturn hinaus noch andere Planeten mit grösserer Exzentrizität (40). Die Ursache der Exzentrizität der Bahnen besteht darin, dass die Planeten die Grundstoffe aus verschiedenen Höhen sammeln, wo die Geschwindigkeiten der Kreisbahnen entsprechend verschieden sind. Mit verschiedenen Graden der Umlaufsbewegung kommen sie zusammen und weichen dann in der Geschwindigkeit ab, wie es dem Abstand des Planeten gebührt (41). Je weiter der Urstoff von der Sonne entfernt ist, desto geringer die Kraft, die ihn zum Sinken bringt. Der Widerstand der untern Teile, die ihren Fall seitwärts beugen, vermindert sich, so wie diese unter ihm wegsinken. Es bilden sich vorerst kleine Massen, die eine exzentrische Bahn haben und durch Einverleibung schnell bewegter Teilchen vom senkrechten Fall abgebeugt werden. Endlich bleiben sie doch Kometen, wenn jene Raüme, wo sie sich gebildet, durch Niedersinken zur Sonne oder durch Sammlung in Klumpen gereinigt und leer geworden (42). Die Exzentrizität ist das vornehmste Unterscheidungszeichen der Kometen. Ihre Atmosphären und Schweife, welche bei ihrer grossen Annäherung zur Sonne durch die Hitze sich ausdehnen, sind eine Folge davon. Dass sie nicht in der Zone des Tierkreises vorkommen, hat einerlei Ursache mit der Exzentrizität. Die Planeten haben aber ihre Bahnen im Tierkreis, weil die elementare Materie schon um die Sonne Kreisbewegungen hatte (43). Die Kometen kommen mit aller Ungebundenheit aus allen Gegenden zu uns herab. Diejenigen, welche ursprünglich nicht weit über dem Planetenkreise standen, werden weniger Abweichung und weniger Exzentrizität aufweisen. Grösstenteils werden sie die Richtung mit den Planeten gemein haben, und diese Gleichförmigkeit kann sich erst in der Tiefe des Himmels verlieren, wo der elementare Grundstoff in der grössten Mattigkeit der Bewegungen von anderweitigen Drehungen überflügelt wird (44). Es gibt vielleicht Kometen, die von Morgen nach Abend vorschreiten, obgleich ich mich beinahe überreden möchte, dass an einigen von den 19 Kometen, von denen man solches bemerkt hat, vielleicht ein optischer Schein obgewaltet haben möchte.

Eigentlich sollten die Kometen grössere Massen haben, und vielleicht sind auch einige grösser als Jupiter und Saturn. Die Zerstreuung des Grundstoffes wird bewirkt, dass er sich nicht gegen eine gewisse Fläche anhaüft, weil anstatt einer einzigen grossen Bildung viele kleinere entstehen und der Mangel der Zentralkraft zieht den grössten Teil der Teilchen zu der Sonne herab, ohne sich in Massen versammelt zu haben. Da sie in der obersten Gegend des Weltgebaüdes sich bilden, sind ihre Teilchen von der leichtesten Art, was unzweifelhaft die Hauptursache ihrer Dunstkugeln und Schweife ist (45). Es liesse sich vermuten, dass etliche der ersten Umlaüfe eines Kometen grössere Exzentrizität gehabt und diese sich allmälig vermindert hätte, allein die Planeten, von denen man dasselbe vermuten könnte, zeigen diese Erscheinung nicht.

Die Erde hat etwas Kometenartiges in den Nordlichtern. Die feinsten Teilchen haüfen sich um einen der Pole, wenn die Sonne die entgegengesetzte Halbkugel auf ihrem halbjährigen Gang begünstigt. Die feinsten Teile, die im heissen Erdgürtel aufsteigen, werden von den Sonnenstrahlen genötigt, sich in der dunkelsten Gegend anzuhaüfen, und sie vergüten den Bewohnern der Eiszone die Abwesenheit des Lichtes (46).

70. Von dem Ursprung der Monde und der Achsendrehung der Planeten. Das Bestreben des Planeten, sich aus der elementaren Materie zu bilden, ist die Ursache seiner. Achsendrehung und der Erzeugung allfälliger Monde. Der Planet bewegt die Teile des Grundstoffs in seinem ganzen Wirkungskreis; ein Teil wird einen eigenen Kreislauf bekommen und sich einer gemeinschaftlichen Fläche nähern. So werden die Monde desselben Planeten nach derselben Richtung und beinahe in Einer Fläche sich bewegen. Warum nach Einer Seite? Der Kreislauf des Planeten tut nichts dazu (47); die Anziehung des Planeten tut es allein. Die Kreisbewegung bedarf nur einer kleinern aüssern Bestimmung, um nach einer Richtung auszuschlagen. Nun übt der Planet auf die der Sonne nähern Teile, die schneller um diesen Weltkörper laufen als die andern, eine solche Anziehung aus, dass sie genötigt werden, von weitem die Richtung ihres Gleises zu verlassen und in einer oblangen Ausschweifung sich über den Planeten zu erheben. Und weil sie eine grössere Geschwindigkeit als der

Planet haben, so bekommt beim Sinken ihr geradliniger Fall eine Ablenkung von Abend gegen Morgen.

Unter welchen Umständen bekommt ein Planet Trabanten? — Wenn die Anziehung gross, der Wirkungskreis ausgedehnt ist, damit durch den hohen Fall die Teilchen, des Widerstandes ungeachtet, hinlänglich Geschwindigkeit zum freien Umschwunge und Stoff zur Weltenkugel erhalten (48). Jupiter und Saturn, die grössten und entferntesten Planeten, haben die meisten Monde; die Erde hat einen einzigen; Mars, dem wegen seines Abstandes auch Anteil an diesem Vorzug gebührte, geht leer aus, weil seine Masse so gering ist. Um Venus wollen Cassini, Short, Fontana und Andere auch einen Mond gesehen haben (49).

Die Planeten müssen sich von Abend gegen Morgen um ihre Achse drehen. Und da die grössern und entferntern einen weitern Wirkungskreis haben, folglich mehr Teilchen auf sie niedergestürzt sind, deren Bewegung die Achsendrehung bewirkt, so haben sie eine schnellere Drehung. Wenn die Achsendrehung von einer aüssern Ursache abhinge, so müsste sich Mars schneller drehen als Jupiter (50). Warum hat der Mond keine Achsendrehung und wendet er uns immer die gleiche Seite zu? Sollte er sich ehedem schneller um die Achse gewälzt haben und bis zu diesem geringen Ueberrest gebracht worden sein? (Preisaufgabe der königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin für 1754). Warum ist der Aequator des Mondes nicht mit seiner Bahn in derselben Ebene? (51). Auch sollten alle Achsen gegen die allgemeine Beziehungsfläche des Planetensystems, die nicht weit von der Ekliptik abweicht, senkrecht stehen. Das findet nur bei den 2 wichtigsten, Sonne und Jupiter, statt. Der Planet bildete sich mehr aus den Teilchen, welche auf beiden Seiten niedersanken und deren Menge oder Geschwindigkeiten (52) nicht ganz gleich herauskamen. Das ist übrigens nur eine Mutmassung. Kant meint, zuerst haben die Halbkugeln ziemlich genau übereingetroffen und sie seien durch spätere Ursachen aus ihrer ersten Stellung verschoben worden, z. B. durch Veränderungen beim Festwerden, indem einzelne Teile der Rinde ungleich eingesunken und die Berge sich ungleich gebildet haben, wodurch die Umdrehungsachse verschoben worden sei (53). So müsse Jupiter, der sich noch nicht völlig ausgebildet habe, noch diese rechtwinklige Achsenlage zeigen; denn durch seine Masse, Grösse und die Leichtigkeit seines Stoffes sei er ge-

nötigt, den festen Ruhepunkt seiner Materien einige Jahrhunderte später als andere Weltkörper zu bekommen. Vielleicht ist das Innere seines Klumpens noch in Bewegung, und die Scheidung der dünnen und schweren Stoffe noch nicht vollendet (54). Seine Gestalt ändert sich beständig, während Mond, Venus und Erde unveränderlich bleiben. Mit Recht ist er um einige Jahrhunderte zurück, da er die Erde an Grösse mehr als 20000 mal übertrifft und ihr an Dichtigkeit 4 mal nachsteht.

Der Saturn, 3 mal kleiner als Jupiter, kann vielleicht durch den weiten Abstand den Vorzug einer schnellern Ausbildung erlangt haben, ebenso schnellere Achsendrehung, grosse Fliehkraft, Verschiebung der Achse. Dieser Teil ist noch unvollkommen (55).

71. Ursprung des Ringes bei Saturn und Berechnung der Achsendrehung dieses Planeten. Es findet ein stufenmässiger Uebergang der Planeten zu den Kometen statt. Saturn wird anfänglich grössere Exzentrizität gehabt haben und allmälig zur Kreisform übergegangen sein. Die Hitze, die er seinerzeit in der Sonnennähe durchgemacht, erhob den leichten Stoff über die Oberfläche (56). Allein bei seinem jetzigen Abstand und dem so gemässigten Klima steigen keine neue Dünste zu Schweifen auf; aber die frühern blieben schweben und erhielten ihm das Merkmal seiner ehemaligen Kometennatur in einem Ring.

Wie bildete sich dieser Ring aus der Kugel? Es ist anzunehmen, Saturn habe eine Achsendrehung, welche von den aufgestiegenen Dünsten in der Höhe fortgesetzt wurde. In der Nähe des Aequators gab es die schnellste Bewegung, welche mit der zunehmenden Breite abnahm (57). Nur die Teilchen, die von der Achsendrehung her eine genügende Geschwindigkeit hatten, konnten sich zum freien Kreislaufe behaupten. Die andern entfernten sich oder sanken zurück. So haüften sie sich im Aequator, in einem nicht gar breiten Raume und bildeten aus mechanischen Gründen den Ring. Einzelne seiner Teilchen werden Kreise beschreiben (58), andere werden exzentrische Bewegungen erhalten, die einander kreuzen, wodurch sie sich unter einander aufhalten und endlich insgesamt auf den Planeten niederstürzen, was jedem Kometen widerführe, der genug Achsendrehung hätte.

Der Ring bringt dem Saturn Vorteile: er vermehrt seinen Tag, erleuchtet unter so viel Monden die Nacht, so dass man leicht

die Abwesenheit der Sonne vergisst. Alle Wesen bestehen durch die Einsicht Gottes (59).

Die Geschwindigkeit des Ringes am innern Rand ist gleich derjenigen des Planeten auf dem Aequator. Diese steht zu der Geschwindigkeit eines Saturntrabanten im umgekehrten Verhältnis der Quadratwurzel der Entfernungen vom Mittelpunkt des Planeten. Die Zeit der Umdrehung Saturns um seine Achse beträgt also 6 Std. 23 Min. 53 Sek. (60). Ob je eine Bestätigung möglich? — Dadurch wird das Verhältnis seiner Fliehkraft und seiner Schwere auf den Aequator 20 : 32, was eine grosse Abplattung bewirkt. Nach Huygens ist die Schwere im Innern eines Planeten durchgängig gleich. In Folge dieser Voraussetzung ist der Unterschied der Durchmesser in einem doppelt kleinern Verhältnis zu dem Durchmesser des Aequators als die Fliehkraft zur Schwere unter den Polen (61). Z. B. da bei der Erde die Fliehkraft am Aequator $^1/_{289}$ der Schwere unter den Polen ist, so muss der Durchmesser des Aequators $^1/_{598}$ grösser als die Erdachse sein. Da aber die Verkürzung der Achse eine Annäherung der Teile zum Mittelpunkt verursacht, so wird daselbst nach Newton die Schwere vermehrt, wodurch die extremen Durchmesser Saturns sich nicht verhalten wie 20 : 32, sondern beinahe wie 1 : 2 (62). Das müsste bei Saturn sichtbar sein. Weil dem nicht so ist, so muss die Voraussetzung nicht richtig sein, dass nämlich der Planet durchgängig von gleichförmiger Dichtigkeit sei. Zuletzt wird auf einen Unterschied der Durchmesser von $^1/_6$ abgestellt (63). Warum hat kein anderer Planet einen Ring? Nach dem Gesetze der Zentralbewegung wird die Entfernung eines Körpers, der um einen Planeten mit einer dessen Achsendrehung gleichen Geschwindigkeit frei im Kreise laufen kann, in eben dem Verhältnis zum Radius des Planeten sein, als die den Mittelpunkt ziehende Kraft unter dem Aequator desselben zur Schwere ist. Da bei Saturn das Verhältnis zwischen der Schwere und der Fliehkraft wie 32 : 20 oder wie 8 : 5 ist, so darf die Entfernung des innern Randes des Saturnringes zu 8 angenommen werden, wenn der Halbmesser desselben = 5 ist. So müsste der innere Rand eines Jupiterringes 10 mal den Halbmesser des Planeten übertreffen, was gerade dahin treffen würde, wo sein aüsserster Trabant um ihn laüft und daher sowohl aus diesen Gründen als auch weil die Ausdünstung dieses Planeten sich nicht so weit erheben kann, un-

möglich ist. Bei der Erde müsste der innere Rand des Ringes 289 Erdradien abstehen und bei langsamer bewegten Planeten entfernt sich die Entstehung eines Ringes noch weiter von der Möglichkeit (69).

1791 veranstaltete Kant einen Auszug der Schrift vom Jahr 1755 und zwar nur bis hieher, weil nach seinen gereiftern Ansichten die Fortsetzung blosse Hypothesen enthalte. Bei einer 3. Ausgabe 1797 wurde die ursprüngliche Ausdehnung des Werkes beibehalten, und also auch bei der 4. Auflage vom Jahr 1808 (Vorerinnerung und 70). Könnte man sich nicht einbilden, dass die Erde ebenso wohl wie Saturn *ehemals* einen Ring gehabt habe? Die Urkunde der Schöpfungsgeschichte erzählt von der Sündflut. Könnte man diese nicht mit einem Ringe erklären? Hätte er aus wässerigen Dünsten bestanden, so wäre er durch einen Kometen oder durch Abkühlung in einem der grausamsten Wolkenbrüche auf den Erdboden gestürzt. Alle Welt ging im Wasser unter. Nunmehr war die Figur eines blassen und lichten Bogens vom Horizonte verschwunden, und die neue Welt, die sich dieses Anblickes nicht ohne Schrecken erinnern konnte, sah in dem ersten Regen den farbigen Bogen, der seiner Figur nach den ersten abzubilden schien und der, durch Versicherung des versöhnten Himmels, ein Gnadenzeichen und Denkmal einer fortwährenden Erhaltung des nunmehr veränderten Erdbodens sein sollte (72).

72. Von dem Zodiakallichte. Die Sonne ist mit einem subtilen und dunstigen Wesen umgeben, welches in der Fläche ihres Aequators mit einer nur geringen Ausdehnung auf beiden Seiten, bis zu einer grossen Höhe sie umgibt. Der leichteste und flüchtigste Stoff, den das Sonnenfeuer von der Oberfläche der Sonne erhebt, wird weit über sie fortgetrieben und schwebt nach Massgabe seiner Leichtigkeit in einer Entfernung, wo Gleichgewicht besteht zwischen der Schwere dieser Dunstteilchen und der Wirkung der Sonnenstrahlen (73). Indessen besteht ein wesentlicher Unterschied zwischen dem Saturnringe und dem Zodiakallicht, indem die Teilchen des erstern sich durch die eingepflanzte Umdrehungsbewegung in frei schwebendem Kreislauf erhalten, während die Teilchen des letztern durch die Sonnenstrahlen in der Höhe erhalten werden. Denn da auf der Oberfläche der Sonne die Fliehkraft noch nicht $^1/_{40000}$ der Attraktion ist, so müssten die

aufgestiegenen Dünste 40000 Sonnenradien von ihr entfernt werden, um in solcher Weite eine Gravitation anzutreffen, die ihrer mitgeteilten Bewegung das Gleichgewicht leisten könnte. Man ist also sicher, dieser Halsschmuck der Sonne ist ihr nicht in gleicher Art zugemessen worden, wie es beim Saturnringe geschehen ist (74).

73. Von der Schöpfung im ganzen Umfange ihrer Unendlichkeit, sowohl dem Raum, als der Zeit nach. Das Weltgebaüde setzt durch unermessliche Grösse und unendliche Mannigfaltigkeit und Schönheit in Erstaunen. Der Verstand gerät in eine andere Art Entzücken, weil Alles aus einer einzigen allgemeinen Regel, aus einer ewigen und richtigen Ordnung fliesst. Die Fixsterne, die das Auge in der Tiefe des Himmels entdeckt, sind wie die Sonne Mittelpunkte von ähnlichen Systemen (75). In dem Heer der Fixsterne mag die Milchstrasse gleichsam einen Tierkreis höherer Ordnung bilden. Wenn man in dem unermesslichen Raum, worin alle Sonnen der Milchstrasse sich gebildet haben, einen Punkt annimmt, um welchen die erste Weltenbildung aus dem Chaos angefangen hat, so wird daselbst die grösste Masse und ein Körper von der stärksten Anziehung entstanden sein, der fähig geworden, in einer ungeheuren Sphäre alle sich bildenden Systeme zu nötigen, sich gegen ihn zu senken, und um ihn ein System zu errichten, wie der Planetenbau um die Sonne (76). Wenn nun die Fixsterne ein System ausmachen; werden nicht mehr Sonnensysteme oder Milchstrassen entstanden sein, die in dem grenzenlosen Felde des Weltraums erzeugt worden? Wenn man diese Sternsysteme wieder als Glieder an der grossen Kette der gesamten Natur ansieht, so hat man soviel Ursache wie vorher, sie in einer gegenseitigen Beziehung zu denken, wodurch ein noch grösseres System und ein Zentralkörper von ungleich mächtigerer Anziehung entsteht (77). Die Anziehung erstreckt sich auf die ganze Ausdehnung. Das Licht kommt auch aus den entfernten Systemen zu uns und ist doch nur eine eingedrückte Bewegung. Muss nicht vielmehr die Anziehung, diese ursprüngliche Bewegungsquelle, welche eher als alle Bewegung ist, die keiner fremden Ursache bedarf, auch durch kein Hindernis kann aufgehalten werden, weil sie in das innerste der Materie, ohne einigen Stoss selbst bei der allgemeinen Ruhe der Natur wirkt, muss, sage ich, die Anziehung nicht diese Fixsternsysteme in Bewegungen versetzt

haben, die als Quelle der systematischen Verbindung und der Beständigkeit ihrer Glieder, sie vor dem Verfalle sichern? Wo hört die Schöpfung auf? Sie ist unendlich (78). Ob eine genaue Anziehung ihrer Teile von allen Seiten diese Systeme vor dem Verfall sicher halten könne? Dazu gehört eine so genau nach der Entfernung abgewogene Anziehung, dass die geringste Veränderung dem Universum den Untergang zuziehen würde. Eine Weltverfassung, die sich ohne ein Wunder nicht erhielt, hat nicht den Charakter der Beständigkeit, die das Merkmal der Wahl Gottes ist. Man trifft es also dieser weit anständiger, wenn man aus der gesamten Schöpfung ein einziges System macht, welches alle Welten und Weltordnungen, die den ganzen unendlichen Raum ausfüllen, sich auf einen einzigen Mittelpunkt beziehen lässt (80). Ein zerstreutes Gewimmel von Weltgebaüden, sie möchten durch noch so weite Entfernungen von einander getrennt sein, würde ungehindert zur Zerstörung eilen. Es ist zwar gewiss, dass im unendlichen Raum kein Punkt eigentlich das Vorrecht haben kann, der Mittelpunkt zu heissen; aber vermittelst eines gewissen Verhältnisses, das sich auf die Dichtigkeit des Urstoffes gründet, nach welcher an gewissen Orten eine Anhaüfung vorkommt, kann ein bevorrechteter Punkt angenommen werden (81). Es ist aber wichtig, dass der Ordnung gemäss die Schöpfung bei diesem Mittelpunkt zuerst anfängt und bei stetigem Fortschreiten allmälig in grössere Weiten ausgebreitet wird, um den unendlichen Raum im Verlauf der Ewigkeit mit Welten und Ordnungen zu erfüllen. Der übrige unendliche Teil wird indessen noch mit der Verwirrung und dem Chaos streiten, und um so viel weiter von dem Zustand der vollendeten Bildung entfernt sein, je weiter sein Abstand von der Sphäre der schon ausgebildeten Natur entfernt ist (82). Wir befinden uns mit unserm Sonnensystem in der Nähe des Mittelpunktes der Natur. In einer gewissen Entfernung ist der Raum, in stiller Nacht vergraben, voll von Materie, um den künftig zu erzeugenden Welten zum Stoff zu dienen, und mit einer schwachen Regung, um die spätern mannigfaltigen Bewegungen anzufangen. Die Schöpfung ist nicht das Werk eines Augenblicks. Es werden Millionen und ganze Gebirge von Millionen Jahrhunderten verfliessen, binnen welchen immer neue Welten und Weltordnungen nach einander in den entfernten Weiten von dem Mittelpunkte der Natur sich bilden und zur Vollkommenheit gelangen werden (83).

Die Sphäre der ausgebildeten Natur ist allemal nur ein unendlich kleiner Teil des Inbegriffs, der den Samen zukünftiger Welten in sich hat, und sich aus dem rohen Zustande des Chaos, in längern oder kürzern Perioden, auszuwickeln trachtet. Die Schöpfung ist niemals vollendet. Sie hat zwar einmal angefangen, aber sie wird niemals aufhören (84). Die Natur, die wir kennen, ob sie gleich nur ein Atom in Ansehung dessen ist, was uns verborgen bleibt, bestätigt die schrankenlose Fruchtbarkeit. Unzählige Tiere und Pflanzen werden täglich zerstört; aber die Natur füllt die Lücke wieder aus. Beträchtliche Länderstrecken werden vom Meere begraben, aber anderwärts bringt die Natur Gegenden hervor, die in der Tiefe des Wassers verborgen waren. Man darf nicht erstaunen, selbst im Grossen der Werke Gottes eine Vergänglichkeit zu gestatten. Alles Endliche, was einen Anfang genommen, hat das Merkmal der beschränkten Natur in sich, es muss vergehen. Die Dauer eines Weltbaues hat, durch die vortreffliche Einrichtung eine Beständigkeit, die einer unendlichen Dauer nahe kommt (87). Newton sah sich genötigt, der Natur ihren Verfall vorher zu verkündigen. Wir dürfen aber den Untergang eines Weltgebaüdes nicht etwa als einen wahren Verlust der Natur bedauern; denn er wird durch neue Zeugungen ausgeglichen. Welche Unzahl Blumen und Insekten zerstört ein einziger kalter Tag; anderwärts wird das Zerstörte mit Ueberfluss wieder ersetzt. Der Mensch, das Meisterstück der Schöpfung, ist von diesem Gesetz nicht ausgenommen; ganze Völker werden vertilgt. Auf gleiche Weise verlassen Welten und Weltsysteme den Schauplatz, wenn sie ihre Rolle ausgespielt haben (88). Der Verfall beginnt im Mittelpunkt des Weltalls und pflanzt sich nach allen Richtungen fort. Auf der entgegengesetzten Seite der Welt ist die Natur dagegen unablässig bemüht, neue Welten zu bilden. Die ausgebildete Welt befindet sich also zwischen den Ruinen der zerstörten und dem Chaos der noch ungebildeten Natur (90).

Kann aus dem neuen Chaos nicht wieder eine regelmässige Ordnung erstehen und die ursprüngliche Bildung zuwege kommen? Man wird es zugeben. Wenn die Planeten und Kometen insgesamt sich auf die Sonne niedergestürzt haben, so bekommt ihre Glut einen unermesslichen Zuwachs, vornämlich weil die entfernten Gebilde des Systems den leichtesten und im Feuer wirksamsten Stoff enthalten. Nachdem das Planetensystem sich mehrmals

erneut hat, wird endlich der Zeitpunkt herannahen, wo das Fixsternsystem seine Glieder in ein Chaos versammelt. Aber auch dieser Phönix wird aus seiner Asche wieder aufleben (91); unsere Seele wünscht das Wesen näher zu kennen, das die Quelle alles Lichtes ist, und mit Ehrfurcht muss sie erfüllt werden über sich selbst, da sie alle diese Veränderungen überleben soll (92).

74. Allgemeine Theorie und Geschichte der Sonne. Warum ist der Zentralkörper feurig und die übrigen Kugeln dunkel? Wie früher erklärt, bilden sich die Planeten und Kometen nur aus den dichtern Stoffen; während diejenigen von vorzüglicher Leichtigkeit, durch den Widerstand des Raumes gehindert, nicht zu der Schnelligkeit des periodischen Umschwungs durchdringen und insgesamt zum Zentralkörper hinabstürzen. Die leichtern und flüchtigern Teile unterhalten aber das Feuer am wirksamsten und werden zur Sonne; dagegen macht der schwere und unkräftige Stoff lichtlose und kalte Planeten. So steht die Sonne der Erde an Dichtigkeit viermal nach (94). Zuvörderst ist die Sonne wirklich ein flammender Körper und nicht eine geschmolzene und glühende Materie, indem sie so, aus sich selbst wirksam, mehr Stärke und Heftigkeit bekommt. Wenn aber die Sonnen flammende Kugeln sind, so muss auf ihnen Luft vorkommen, weil ohne Luft kein Feuer brennt (96). In dieser Atmosphäre erheben sich vermutlich auch Rauchwolken, die, nachdem sie sich in der Höhe abgekühlt, in schweren Pech- und Schwefelregen hinabstürzen und der Flamme neue Nahrung zuführen. Dabei entsteht die grosse Gefahr, dass die Sonne sich selbst ihrer zum Brennen unentbehrlichen Luft benimmt. (97). Bei einem flammenden Feuer wirkt die Hitze fast nur über sich; wenn es aber erstickt wird, so kehrt sich seine Heftigkeit gegen das Innere der Sonne und treibt die Luft der tiefen Schlünde heraus, um das Feuer neu anzufachen. Wenn man in ihrem Innern Materien annimmt, die, wie der Salpeter, an elastischer Luft unerschöpflich sind, so wird das Sonnenfeuer in überaus langen Perioden nicht Mangel an Luft leiden. Immerhin sieht man die deutlichen Merkmale der Vergänglichkeit auch an diesem unschätzbaren Feuer, das die Natur zur Fackel der Welt aufgesteckt. Ihre Flamme wird dereinst erlöschen (98).

Wenn erst die Mittelpunkte aller grossen Weltsysteme flammende Körper sind, so wird es zumeist von dem Zentralkörper

des Fixsternsystems zu vermuten sein. Wird derselbe nicht mit vorzüglichem Glanz in die Augen fallen? Gleichwohl sehen wir keinen Stern besonders aus dem Himmelsheer hervorschimmern. Das darf nicht befremden, wenn er gleich 10000 mal unsere Sonne an Grösse überträfe, so könnte er doch, bei 100 mal grösserer Entfernung als der Sirius, nicht grösser und heller als dieser erscheinen (100).

Es lässt sich mutmassen, dass die vollkommensten Klassen vernünftiger Wesen eher weiter von diesem Mittelpunkte als nahe bei demselben zu suchen sind. (Wahrscheinlich ist der Sirius dieser Zentralkörper). Denn in der Nähe des Mittelpunktes sind die dichtesten und schwersten Materien; dagegen in grösserer Entfernung die feinen und leichten (101—103).

75. Beweis von der Richtigkeit einer mechanischen Lehrverfassung des Weltbaues. Es muss die höchste Weisheit den Entwurf des Weltgebaüdes gemacht, und eine unendliche Macht ihn ausgeführt haben, sonst wäre es unmöglich, so viele Absichten vereinigt anzutreffen. Aber es frägt sich, ob die leitenden Grundsätze in die allgemeinen Gesetze gelegt worden oder ob eine fremde Hand die einschränkenden Bedingungen zur Vollkommenheit und Schönheit zeitweise durchführe (104). Die meisten Weltweisen haben das Vorurteil, die Natur könne von sich aus nichts ordentliches hervorbringen. Aber wenn die allgemeinen Gesetze ihre Quelle in einem höchsten Verstande haben, so wird man von ihren Entwicklungen nichts als Uebereinstimmung und Ordnung erwarten. Sonst wäre man genötigt, die ganze Natur in lauter Wunder zu verkehren, es wird ein aus der Not helfender Maschinengott die Veränderungen der Welt hervorbringen. Welche Wirkung wird das seltsame Mittel, das Dasein des höchsten Wesens aus der Unfähigkeit der Natur zu beweisen, zur Ueberzeugung des Epikuräers tun (105 und 106)? Aber auch nicht der ungefähre Zusammenlauf der Atome des Lukrez hat die Welt gebildet; sondern durch die eingepflanzten Kräfte und Gesetze hat sie sich mechanisch zur Vollkommenheit entwickelt (107). Die Umlaufsbewegungen bestehen aus der Verbindung der sinkenden Kraft, die eine Folge der Eigenschaften der Materie ist, und aus der schliessenden Bewegung, die, als eine Wirkung der erstern, den senkrechten Fall seitwärts abbog. Daraus ergibt sich: 1) dass

die Planeten und ihre Trabanten sowohl in ihrem Rundgang als bei ihrer Achsendrehung sich von Westen nach Osten bewegen und sich insgesamt so genau als möglich auf eine einzelne Fläche beziehen; 2) dass die Geschwindigkeiten mit der Entfernung abnehmen (108). Will man aber den Weltbau und die Bewegungen von den allgemeinen Naturgesetzen ausnehmen und der mittelbaren Hand Gottes zuschreiben, so ist kein Grund vorhanden, die Umlaüfe nach Einer Richtung anzustellen, und die Wahl Gottes würde sich nicht ohne den geringsten Beweggrund, an eine einzige Bestimmung, auch nicht an eine gemeinschaftliche Fläche binden. (109). Warum ist diese Uebereinstimmung nicht ganz genau? Warum sind die Bahnen nicht kreisrund? Gerade darin erkennt man das gewöhnliche Verfahren der Natur: die wirkende Kraft hat nach dem Gleichgewicht getrachtet, aber die völlige Genauigkeit nicht erreichen können (110). Es war, in Ansehung des Nutzens der Welt ganz gleichgültig, ob die Planetenkreise völlig rund oder ob sie auf eine Fläche bezogen werden. Wenn der Philosoph wahr spricht, dass Gott beständig die Geometrie ausübe, so würde diese Regel bei den unmittelbaren Werken Gottes zu spüren sein und sich an geometrischer Genauigkeit zeigen. Die Kometen gehören unter diese Mängel der Natur. In Ansehung ihres Laufes und ihrer Veränderungen sind sie als unvollkommene Glieder der Schöpfung anzusehen, da sie weder vernünftigen Wesen bequeme Wohnplätze, noch zum Besten des ganzen Systems dereinst der Sonne zur Nahrung dienen können (111). Newton, welcher Ursache hatte, den Einsichten seiner Weltweisheit, so viel als irgend ein Sterblicher, zu vertrauen, gab die Hoffnung auf, dass sich die Welt selbst erhalten könne. Es scheint eine Vermessenheit, nach ihm noch einen glücklichen Fortgang in einer so schwierigen Sache zu hoffen (112). Wenn man voraussetzt, dass die einheitlichen Bewegungen der Weltkörper eine ursprüngliche Ursache anzeigen, so erfüllt jetzt nicht dieselbe Materie den Weltenraum wie ehemals. Also muss die Materie, die einst diesen Raum erfüllte, und die sich zu Planeten, Kometen und der Sonne geballt hat, sich aus dem Zustand der Ruhe in denjenigen der Bewegungen versetzt haben. Der Antrieb geschah durch die Anziehungskraft; die Richtung, welche sonst bei dieser Kraft zum Mittelpunkt hinzielt, macht kein Bedenken, indem der feine Stoff, sowohl durch die Mannigfaltigkeit der Anziehungspunkte als durch

die Hindernisse, in Seitenbewegungen ausschlagen musste, bis durch wechselseitige Wirkung der einschränkenden Materie ein Zustand erwuchs, wo die einzelnen Körper sich so wenig Veränderungen als möglich zuziehen und nicht nur nach Einer Seite, sondern auch beinahe in parallelen Kreisen um den gemeinschaftlichen Mittelpunkt rotirten (113). Diese Bewegungen bestehen in unbeschränkte künftige Zeiten. Darauf beruhen die einförmige Richtung der Planetenbahnen, die Beziehung auf eine gemeinschaftliche Fläche, die Mässigung der Schwungkräfte nach der örtlichen Attraktion, die mit der Entfernung abnehmende Genauigkeit dieser Analogien, die freie Abweichung der aüssersten Weltkörper nach beiden Seiten sowohl als nach der entgegengesetzten Richtung. Die Gewissheit eines mechanischen Weltsystems wird auf den höchsten Gipfel der Ueberzeugung erhoben, wenn man die Bildung, die Dichtigkeit und die Grösse der Weltkörper nach ihrem Abstand von ihrem Zentralkörper erwägt (114). Die Dichtigkeit nimmt mit der Entfernung von der Sonne ab, die Grösse nimmt dagegen zu. Die schwerern Stoffe haben nämlich einen tiefern Ort zum gemeinschaftlichen Senkungspunkte bekommen, die leichtern einen entferntern Ort. Die Weltkugeln mussten um so grösser werden, je ausgedehnter ihre Bildungssphäre war. Hätte die Wahl Gottes dieses Verhältnis bewirkt, so wäre wahrscheinlich gleiche Dichtigkeit und gleiche Grösse entstanden (115 und 116). Was die natürliche Bildung der Weltkugeln anzeigt, ist die Uebereinstimmung der Dichtigkeit der sämtlichen Planeten u. s. w. mit derjenigen der Sonne, wie nach dem Frühern Buffon herausgefunden hat. Diese Analogie ist kein Ungefähr bei der Mannigfaltigkeit der Materien, von denen auf der Erde allein solche anzutreffen sind, die 15000 mal dichter sind als die andern. Die Sonne ist eben ein Gemenge aus allen Materien, die im Planetensystem von einander geschieden sind (119). Wenn in der Verfassung der Welt besonders Ordnung und Schönheit hervorleuchten, so ist ein Gott. Aber ebenso richtig ist auch: Wenn diese Ordnung aus allgemeinen Naturgesetzen hat herfliessen können, so ist die ganse Natur notwendig eine Wirkung der höchsten Weisheit.

Wenn die schiefe Lage der Erdachse, welche die Abwechslung der Jahreszeiten erzeugt, ein Beweis der unmittelbaren Hand Gottes sein soll, so wird man gewahr werden, dass sie bei den Planeten abwechselt, und z. B. Jupiter dieses Vorzuges beraubt.

Auch die Begleitung der Monde bei Saturn, Jupiter und der Erde kann auf die allgemeinen Naturgesetze zurückgeführt werden. Die Natur fasst bei ihrer Mannigfaltigkeit alle möglichen Abwechslungen, sogar bis auf die Mängel in sich. Dieselbe unbeschränkte Fruchtbarkeit hat die bewohnten Weltkugeln wie die Kometen, die nützlichen Berge und die schädlichen Klippen, die bewohnbaren Landschaften und die öden Wüsten, die Tugenden und die Laster hervorgebracht (121 und 122).

76. Von den Bewohnern der Weltkörper. Man braucht nicht gerade anzunehmen, alle Planeten müssen bewohnt sein, ob es gleich ungereimt wäre, dies in Ansehung aller, oder auch nur der meisten zu leugnen (124). Jupiter scheint noch nicht völlig ausgebildet zu sein. Er wird einst bewohnt werden, wenn er vollständig ausgebildet ist. Vielleicht ist unsere Erde auch tausend oder mehr Jahre vorhanden gewesen, ehe sie Menschen, Tiere und Gewächse unterhalten konnte. Wenn ein Planet einige Jahrhundert später zu dieser Vollkommenheit kommt, das tut seinem Zwecke keinen Abbruch (125). Des unendlichen Abstandes ungeachtet, welcher zwischen der Denkkraft und der Bewegung der Materie, zwischen dem vernünftigen Geiste und dem Körper angetroffen wird, ist es doch gewiss, dass der Mensch, der seine Begriffe und Vorstellungen von dem Eindruck her hat, den das Universum vermittelst des Körpers in seiner Seele erregt, sowohl in Ansehung der Deutlichkeit als der Fertigkeit sie zu verbinden und zu vergleichen, von der Beschaffenheit dieser Materie abhängt, an die der Schöpfer ihn gebunden hat. Nach dem Mass seiner körperlichen Ausbildung bekommen die Fähigkeiten seiner denkenden Natur auch die gehörigen Grade der Vollkommenheit (128). Der Mensch erreicht unter allen Geschöpfen am wenigsten den Zweck seines Daseins, wenn er seine vorzüglichen Fähigkeiten zu solchen Absichten verbraucht, welche die übrigen Geschöpfe mit weit geringerern Mitteln, und doch weit sicherer und anständiger erreichen. Er wäre das verachtungswürdigste, wenigstens in den Augen der wahrenWeisheit, wenn die Hoffnung auf die Zukunft ihn nicht erhöbe. Wenn man die Ursache der Hindernisse untersucht, welche die menschliche Natur in so tiefer Erniedrigung erhalten, so findet man sie in der Grobheit der Materie, in der Unbiegsamkeit der Fasern und in der Trägheit und Unbeweglichkeit der Säfte. Er

wird von der Leidenschaft hingerissen und vom Getümmel der Elemente, die seine Maschine unterhalten, übertaübt. Die Bemühungen der Vernunft sind dagegen wie Sonnenblicke, wenn dicke Wolken die Helligkeit unablässig unterbrechen und verdunkeln (129). Die Trägheit seiner Denkungsart, welche von der groben und unlenksamen Materie herrührt, ist nicht allein die Quelle des Lasters, sondern auch des Irrtums. In dieser Abhängigkeit schwinden die geistigen Fähigkeiten zugleich mit der Lebhaftigkeit des Leibes, wie das Alter zeigt. Die Schnelligkeit der Gedanken, die Klarheit der Vorstellung, die Lebhaftigkeit des Witzes und das Gedächtnis nehmen ab. Dabei vermindert sich zwar auch die Heftigkeit der Leidenschaften und die Erfahrung ersetzt teilweise die abnehmende Kraft (130). Die Kräfte der menschlichen Seele werden von der groben Materie eingeschränkt, welche wiederum eine wesentliche Beziehung zu dem Einfluss der Sonne hat, je nach ihrem Abstande. Der Bewohner der Venus, welcher vermöge seines gröbern Baues und der grössern Trägheit seiner Bildungsstoffe, eines grössern Einflusses der Sonne bedarf, würde in einer kühlern Himmelsgegend (z. B. auf der Erde) erstarren. Ebenso müssen die Bewohner Jupiters aus leichtern und flüchtigern Materien bestehen (131). Der Stoff, woraus die Bewohner, ja sogar die Tiere und Pflanzen verschiedener Planeten gebildet sind, muss um so leichterer und feinerer Art, und die Elastizität der Fasern samt der Anlage des Baues um so vollkommener sein, je weiter sie von der Sonne abstehen (132).

Diese Ansicht hat eine Glaubwürdigkeit, die nicht weit von einer ausgemachten Gewissheit entfernt ist. Die menschliche Natur, welche in der Stufenleiter der Wesen die mittlere Sprosse einnimmt, steht gleichweit ab von den aüssersten Grenzen der Vollkommenheit. Wenn die erhabensten Klassen vernünftiger Wesen, die den Jupiter oder Saturn bewohnen, unsere Eifersucht reizt und uns demütigt, so wird der Anblick der niedrigern Stufen sie wieder beruhigen, die in den Planeten Venus und Merkur vorkommen. Welch wunderbarer Anblick! Einerseits sehen wir denkende Geschöpfe, bei denen ein Grönländer oder Hottentotte ein Newton wäre; und anderseits solche, die diesen letztern als einen Affen bewunderten (133).

Die Schnelligkeit der Handlungen, die mit einer erhabenen Natur verbunden ist, schickt sich besser für die kurzen Perioden

der entfernten Sphären. Was würde der Erdenbewohner auf dem Jupiter anfangen, wo Tag und Nacht zusammen nicht ganz 10 Std. ausmachen (134)? Wenn dagegen Jupiter von vollkommenern Geschöpfen bewohnt ist, die mit feinerer Bildung mehr Elastizität und Behendigkeit verbinden, so können ihnen die 5 Stunden des hellen Tages mehr sein, als die 12 Stunden für die niedrigen Menschen. Die Monde, die den geschäftigen Wesen jener glückseligen Gegenden hinlänglich das Tageslicht vergüten, sind genugsam angebracht, um ihnen die Zeit zu Rate zu halten. Jupiter hat darin einen augenscheinlichen Vorzug vor allen untern Planeten und Saturn wiederum vor ihm durch den schönen und nützlichen Ring (135). Der grössere Sonnenabstand der obern Planeten wird durch die subtilere Materie ausgeglichen. Die Wirkung des Lichtes und der Wärme wird nämlich nicht bestimmt durch ihre absolute Intensität, sondern durch die Fähigkeit, womit die Materie sie annimmt. Derselbe Abstand, welcher für grobe Materie ein gemässigtes Klima erzeugen könnte, würde für feinere Flüssigkeiten von schädlicher Heftigkeit sein; mithin gehört ein feinerer und beweglicherer Stoff dazu, um jene Abstände Jupiters und Saturns zu glücklichen Stellungen zu machen. Verderben und Tod können ihren vortrefflichen Geschöpfen nicht so viel anhaben als uns niedrigen Naturen. Die träge Materie und der grobe Stoff führt die niedrigern Stufen einem schnellern Verderben entgegen (136). Die Säfte, welche Tiere und Menschen ernähren und ihr Wachstum bewirken, indem sie sich zwischen seine Fasern einverleiben und an seine Masse ansetzen, müssen nach vollendetem Wachstum die Höhle seiner Gefässe verengen und verstopfen und den Bau der Maschine zu Grunde richten. Obgleich die Vergänglichkeit auch an den vollkommensten Naturen der entfernten Planeten nagt, so werden die biegsamen Gefässe, der feine Stoff, die leichten und wirksamen Säfte länger der Hinfälligkeit trotzen und diesen Geschöpfen eine entsprechend längere Dauer verschaffen (137). Aus denselben Ursachen wird die Geisterwelt der entfernten Sphären vollkommener sein, wie es der Zusammenhang mit der körperlichen Welt ergibt (139). Wer ist schliesslich so kühn, eine Beantwortung der Frage zu wagen, ob die Sünde ihre Herrschaft auch auf andern Weltkugeln ausübt, oder ob die Tugend allein ihr Regiment daselbst aufgeschlagen habe? Vielleicht sind die Bewohner der entfernten Weltkörper zu erhaben und zu weise, um

sich zur Torheit der Sünde zu erniedrigen und diejenigen der untern Planeten zu fest an die Materie geheftet und mit gar zu geringen Fähigkeiten des Geistes versehen, um die Verantwortung ihrer Handlungen vor dem Richterstuhl der Gerechtigkeit tragen zu dürfen? Auf diese Weise wäre die Erde, und vielleicht noch der Mars (damit der elende Trost uns ja nicht genommen werde, Gefährten des Unglücks zu haben) allein in der gefährlichen Mittelstrasse, wo die Versuchung der sinnlichen Reize gegen die Oberherrschaft des Geistes sich die Wage halten und die Vorzüge, die ihn über die niedern Klassen erheben, ihn auf eine Höhe stellen, von welcher er wieder unendlich tiefer unter diese herab sinken kann. In der Tat sind Erde und Mars die mittelsten Glieder des Planetensystems und es lässt sich von ihren Bewohnern vielleicht nicht mit Unwahrscheinlichkeit ein mittlerer Stand der physischen sowohl als moralischen Beschaffenheit zwischen den 2 Endpunkten vermuten (140).

Sollte die unsterbliche Seele wohl in der Unendlichkeit ihrer künftigen Dauer, die das Grab nicht unterbricht, sondern nur verändert, an unsere Erde geheftet sein? Sollte sie niemals von den übrigen Wundern der Schöpfung eines nähern Anschauens teilhaftig werden? Wer weiss, ob sie dereinst jene entfernten Kugeln des Weltgebaüdes und die Trefflichkeit ihrer Anstalten von nahem soll kennen lernen? Vielleicht bilden sich darum noch einige Kugeln des Planetensystems aus, um nach vollendetem Ablauf der Zeit, die unserm Aufenthalte allhier vorgeschrieben ist, uns in andern Himmeln neue Wohnplätze zu bereiten (141). Bei solchen Betrachtungen gibt der Anblick des gestirnten Himmels bei einer heitern Nacht eine Art des Vergnügens, welches nur edle Seelen empfinden. Bei der allgemeinen Stille der Natur und der Ruhe der Sinne redet das verborgene Erkenntnisvermögen des unsterblichen Geistes eine unnennbare Sprache und gibt uns ausgewickelte Begriffe, die sich wohl empfinden, aber nicht beschreiben lassen. Wenn es unter den denkenden Geschöpfen dieses Planeten niederträchtige Wesen gibt, die ungeachtet aller Reizungen, womit ein so grosser Gegenstand sie anlocken kann, dennoch im Stande sind, sich fest an die Dienstbarkeit der Eitelkeit zu heften, wie unglücklich ist diese Kugel, da sie so elende Geschöpfe hat erziehen können? Wie glücklich aber ist sie anderseits, da ihr unter den allerannehmungswürdigsten Bedingungen ein Weg eröffnet ist, zu

einer Glückseligkeit und Hoheit zu gelangen, welche unendlich weit über die Vorzüge erhaben ist, die die allervorteilhafteste Einrichtung der Natur in allen Weltkörpern erreichen kann (142)?

77. Frühere Stimmen über die Bewohnbarkeit der Weltkörper. Plato versetzt in seinem Timäus einige Wohnsitze der Seelen auf den Mond; andere auf die übrigen Gestirne. Der Kardinal von Cusa hielt die Sonne und die Planeten, Tycho und Kepler hielten die Planeten für bewohnt.

Der Jesuit Athanasius Kircher (1601—1680), der das Hör- und Sprachrohr und auch die Laterna magica erfunden hat, veröffentlichte eine ekstatische Reise. Er setzte voraus, die Erde bewege sich nicht und die übrigen Planeten enthalten keine lebenden Geschöpfe, nicht einmal Pflanzen. An der Hand eines Genius durchreist er gleichsam die Gestirne. Seine Mitteilungen lehnen sich an die Eigenschaften, welche die Astrologie seinerzeit den betreffenden Weltkörpern angedichtet hatte. Nach ihm gibt es z. B. in der Venus gelind fliessende Flüsse, im Jupiter gesunde und wohlriechende Lüfte, im Mars Rauch und Flammen von Pech, im Saturn sieht es schreckhaft und düster aus.

Der Kartesianer Fontenelle gab hierauf seine Dialogen heraus, in welchen er den Einwohnern der Weltkörper je nach deren mythischen Namen, gewisse Eigenschaften beilegt. Nach ihm müssen auf der Venus schwarze und hässliche Leute sein, lauter Seladons und Sylphiden, besonders viele Dichter. Die Zeit werde daselbst mit Musik, Tänzen und Festgelagen verkürzt. Auf dem Merkur seien Gold und Silber flüssig, die Einwohner müssen verbrannte Köpfe haben u. s. w.

Aus dem Nachlass von Huygens erschien 1698 der Kosmotheoros oder Weltbeschauer. Viele verurteilen den Verfasser; ich muss ihn aber in Schutz nehmen, weil er die Frage über die Bewohnbarkeit der Planeten nach physikalischen Verhältnissen behutsam erörtert. Mehrere seiner Erwägungen und Schlüsse sind interessant, wovon einige Beispiele. Schon aüsserlich, aber besonders innerlich (Herz, Magen, Lungen, Gedärme, Blut- und Pulsadern, Sehnen) hat der Mensch grosse Aehnlichkeit mit den entwickelten Tieren (Hund, Ochs, Schwein). Also können wir auch von unserm Planeten auf die übrigen schliessen. Dieselben werden fest sein, Schwere haben, auf der Oberfläche auch Pflanzen und

Tiere zeigen, damit sich die Weisheit des Schöpfers recht offenbare. Gott hätte in Amerika ganz andere Tiere erschaffen können; er hat es nicht getan. Der Schöpfer hat also in seinen Werken nicht alle Verschiedenheit angebracht, die ihm zu Gebote gestanden. Somit ist wahrscheinlich, dass die Verschiedenheit der Dinge auf der Oberfläche der Weltkörper vornämlich von dem Sonnenabstand herrühre. Das Wasser wird bei dem Wachstum der Pflanzen ebenfalls eine Hauptrolle spielen. Die Natur wird die Gewächse auch durch Samen erhalten, welch letztere so wunderbar sind, dass sie nicht um unserer Erde willen allein mögen erfunden worden sein. Auch die Ernährung und Fortpflanzung der Tiere wird der irdischen ähnlich sein. Sogar die Mannigfaltigkeit der organischen Wesen auf den Weltkörpern wird ebenso grossartig sein wie bei uns.

Niemand zweifelt, dass man diesen Planeten auch Beschauer geben müsse; zwar nicht Menschen, die uns in allen Stücken gleich wären; doch vernünftige Geschöpfe. Sie müssen Gesicht, Gehör (somit auch Sprache), Gefühl, Geruch und Geschmack, aber nicht notwendig andere Sinne besitzen. Wenn man die Eigenschaften nach der Grösse der Weltkörper misst, so müssten sich auf Jupiter und Saturn Tiere befinden, die 10—15 mal höher als die Elephanten und soviel mal länger als die Walfische sind und nach demselben Massstab müssten auch die vernünftigern Geschöpfe gegen uns Menschen Riesengestalt haben. Indessen bindet sich die Natur auch nicht an ein Verhältnis, das uns das bequemste scheint. So verhält sich die Grösse der Planeten auch nicht genau nach dem Sonnenabstand.

Es kann auch Zweifel obwalten, ob auf jedem Planeten nur Eine Gattung vernünftiger Wesen sich vorfinde, oder ob auch wie auf der Erde, etwas Verstand- oder Vernunftähnliches bei gewissen Tieren (z. B. Biber, Elephant) vorkommen.

Die Planetenbewohner werden die Werke der Natur nicht nur anschauen und bewundern, sondern auch untersuchen, um sie verstehen zu lernen. Sie werden die Sternkunde pflegen, Instrumente bereiten, die Zeiten einteilen und der Mathematik und der Schrift kundig sein. Sie müssen ein schärferes Gesicht oder bessere Linsen und Spiegel haben; sogar Hände oder sonst geeignete Gliedmassen. Ebenso wahrscheinlich ist es, dass sie Gesetze und Obrigkeiten, Kleidung und Wohnung, Tausch und Handel, Schiffahrt u. dgl. haben.

Die Bewohner Merkurs sehen den Durchmesser der Sonne dreimal grösser und empfangen also 9 mal so viel Licht und Wärme als wir. Diese Hitze wäre für uns unerträglich und würde gedörrte Kraüter entzünden. Da von der Wärme das Leben abhängt, und sie dem Leibe und dem Gemüte Munterkeit und Stärke gibt, so könnte man auf den Gedanken geraten, dass diese Bewohner uns an Geisteskräften weit übertreffen müssten. Allein die afrikanischen Völker, welche in den heissesten Ländern wohnen, kommen uns nicht an Weisheit oder Fleiss bei.

In der Venus zeigen sich keine Flecken; hat sie etwa keine Meere?

Der Grund und Boden des Mars muss aus einer schwärzern Masse bestehen, weil er etwas rötlicher erscheint. Dieser Planet ist wohl von geringerer Würde als die Erde, da er keinen Mond zum Gefährten hat.

An eigener Grösse und an vielfacher Begleitung sind Jupiter und Saturn unter den Planeten die vornehmsten. Dann wird auf ihre Finsternisse verwiesen, ferner auf ihre kurzen Tage und langen Jahre, auf ihre ähnlichen Gruppe der Fixsterne, wenn auch deren Weltpole anders gelegen sind. Die Monde Jupiters und Saturns werden unserm Monde gleichen. Was man aber bei dem Mond als Meere bezeichnet, enthält kleine Tiefen, was der Oberfläche einer See nicht zukommen mag. Auf dem Mond hat es keine Seen, keine Flüsse, keine Wolken und keinen Regen, ja keine Luft; wohl aber Berge und Täler. Folglich ist keine Wahrscheinlichkeit vorhanden, dass es auf einem dürren Boden, wo gar kein Wasser ist, Kraüter und lebende Geschöpfe gebe. Soll man nun glauben, ein so grosser Weltkörper sei nur deswegen vorhanden, dass er uns des Nachts ein schwaches Licht mitteile, oder Ebbe und Flut verursache? Soll Niemand daselbst das schöne Schauspiel geniessen, welches unsere Erde darbietet? Sollen auch die Monde Jupiters und Saturns leer sein? Es scheint doch wahrscheinlich, dass auf ihren Oberflächen etwas geschehe, wachse und lebe, was es auch sein mag, wie sehr es sich von den Dingen auf dieser Erde unterscheide.

Der Mond zeigt uns immer nur Eine Seite, die andere bleibt uns verborgen. Ebenso sehen die Einwohner der einen Halbkugel des Mondes unsere Erde beständig, die der andern niemals. Die Erde erscheint aber den Mondbewohnern beinahe unter einem

4 mal grössern Durchmesser, als wir den Mond erblicken. Das Wunderbarste aber ist, dass die Mondkinder unsere Erde Tags und Nachts an einem und demselben Flecke des Himmels fast unbeweglich stehen sehen, und zwar einige über ihren Haüptern, andere am Horizont, andere in einem gewissen Abstand zwischen Horizont und Scheitelpunkt. Sie beobachten die irdische Achsendrehung in 24 Stunden, ebenso die Zu- und Abnahme der Lichtgestalt der Erde innert Monatsfrist. Die Sonne geht den Mondbewohnern jeden Monat einmal auf und einmal unter. Die Pole des Mondes, um welche sich die Fixsterne drehen, fallen nicht mit denjenigen unserer Erde zusammen, auch nicht mit den Polen der Ekliptik, sondern stehen 5° davon ab und kommen in 19 Jahren einmal um sie herum. Ihre Jahreszeiten sind aber die unsrigen. Aehnlich muss es auf den Monden Jupiters und Saturns aussehen.

Schwieriger ist die Bewohnbarkeit der Sonne. Es ist ja noch nicht einmal ausgemacht, ob ihre Oberfläche fest oder flüssig sei. Dass aber in der Sonne eine schreckliche Hitze sei, daran hat man nicht zu zweifeln. Sollten also lebende Geschöpfe in der Sonne sein, so müsste man sich dieselben von ganz anderer Art vorstellen. Das heisst bekennen, dass wir keine Vermutungen mehr wagen dürfen.

Die unzähligen Fixsterne sind Sonnen, die je eine gewisse Anzahl von Planeten und Monden um sich haben. Auf diesen Sonnenplaneten werden Pflanzen, Tiere, vernünftige Geschöpfe sein. Diese werden das prächtige Himmelsgewölbe bewundern, die Gestirne beobachten, ihren Lauf verstehen, und endlich auch alles besitzen, was hiezu unumgänglich erfordert wird.

78. Lambert's Sternsysteme. Lambert, 1728 zu Mülhausen geboren, gab 1761 kosmologische Briefe über die Einrichtung des Weltbaues heraus, wurde später zu Friedrich dem Grossen berufen und starb 1777 in Berlin.

Lambert betrachtet jeden Fixstern als eine von Planeten und Kometen umkreiste Sonne, d. h. als ein System 1. Ordnung.

Unsere Sonne teilt er einem Sternhaufen zu von etwa 150 Siriusweiten Durchmesser. Dieser Sternhaufen besteht aus etwa 1½ Millionen Sternen, wie wir sie nach allen Seiten (mit Ausnahme der Milchstrasse) sehen. Das ist ein System 2. Ordnung,

das sich um einen dunkeln Zentralkörper oder um einen gemeinschaftlichen Schwerpunkt bewegt.

Eine grosse Anzahl solcher Systeme 2. Ordnung bilden zusammen die Milchstrasse oder ein System der 3. Ordnung. Dieses System bildet eine Scheibe, welche bei geringer Dicke einen Durchmesser von 150000 Siriusweiten hat und mutmasslich wieder einen Zentralkörper besitzt, um den sich die einzelnen Unterabteilungen drehen.

Solcher Milchstrassen gibt es nach Lambert eine grosse Zahl und sie erscheinen uns als Nebelflecken. Sie machen ein System der 4. Ordnung aus. Es kann vielleicht noch Systeme 5., 6. und weiterer Ordnung geben, welche die Grenzen unserer Wahrnehmung übersteigen.

Kapitel 8.

Die Theorien von Laplace.

79. Laplace. Pierre Simon Laplace wurde 1749 in der Normandie geboren. Ein vorzügliches Gedächtnis befähigte ihn, schwere geistige Arbeiten spielend auszuführen. Er widmete sich der höhern Geometrie. Bald hatte er Mitschüler und Lehrer überflügelt. Er ging nach Paris, um seinen Wissensdurst zu befriedigen. Glänzende Empfehlungsschreiben waren für ihn an d'Allembert, der damals auf dem Gipfel des Ruhmes stand, abgegangen; trotzdem konnte Laplace diesem nicht näher treten. Was tat er? Er richtete an seinen vermeintlichen Beschützer einen Brief über die allgemeinen Grundsätze der Mechanik. Die ungewöhnliche Tiefe des Inhalts verschaffte ihm noch am gleichen Tag den gewünschten Zutritt. Sie sehen, sagte d'Allembert zu ihm, dass ich auf Empfehlungsschreiben nicht viel halte. Sie bedürfen derselben nicht, Sie selbst haben sich besser empfohlen. Das genügt mir; rechnen Sie daher auf meinen ganzen Schutz. — Einige Tage darauf wurde Laplace durch die Vermittlung seines Gönners zum Professor der Mathematik an der Kriegsschule in Paris ernannt. Nun konnte er seinen Arbeiten eine bestimmte Richtung geben.

Bald hatte er das ganze bekannte Gebiet der Analysis erforscht, und er unternahm mutig den weitern Ausbau. Mehr als 60 Jahre hindurch nahmen die Wunder des Himmels, die höchsten Fragen der Naturphilosophie, die verwickelten Schlüsse der mathematischen Analyse, die ewigen Gesetze des Weltalls seine ungeteilte Aufmerksamkeit in Anspruch und wurden für ihn eine unversiegbare Quelle immer neuer Entdeckungen. Der unermessliche Gegenstand schmeichtelte dem stolzen Genius. Laplace unternahm es, den Almagest seines Jahrhunderts zu schreiben, ein unvergängliches Denkmal, die „Mechanik des Himmels“, wodurch er neben Ptolemäus, Kopernikus und Newton zu stehen kommt.

Laplace war Mitglied der französischen Akademie der Wissenschaften, sowie fast aller gelehrten Gesellschaften Europas; er wurde sogar von Napoleon zum Minister ernannt. Seine „Exposition des Weltsystems“ ist durch einen einfachen Styl und durch eine edle Sprache ausgezeichnet.

Als ihn die um sein Sterbebett versammelten Freunde an seine vielfältigen Entdeckungen erinnerten, entgegnete er: Was wir wissen, ist gering; was wir nicht wissen, dagegen unermesslich. Er starb 1827.

80. Brücke zwischen Newton und Laplace. Newton hatte ein grossartiges System aufgestellt, das sich anfänglich noch nicht in allen seinen Konsequenzen überblicken liess. Auch ist anzunehmen, dass blos 2 oder 3 Zeitgenossen im Stande waren, sein Werk vollständig zu verstehen. Er wählte den synthetischen Vortrag der alten griechischen Geometer, während er sehr wahrscheinlich auf dem analytischen Wege zur allmäligen Einsicht gelangt ist. Man muss es bedauern, sagt Littrow, dass er diesen Weg gewählt, dass er bei der Auseinandersetzung seiner Entdeckungen nicht die Mittel angegeben hat, welche ihn dazu führten, und dass er die Beweise mehrerer seiner Lehrsätze gänzlich unterdrückte, weil er, wie es scheint, das Vergnügen, sich mühsam erraten zu lassen, dem Zwecke, seine Leser aufzuklären, vorgezogen hat.

Die ersten grossen Nachfolger Newton's waren verschiedene Glieder der Familie Bernoulli, dann Leonhard Euler. Letzterer, 1707 in Basel geboren, wurde durch die Bernoulli für die höhere Analysis gewonnen, in welcher er von keinem andern übertroffen wurde. Doch bezeichnet selbst er die „Prinzipien“ Newton's als

eine sehr schwierige Lektüre. Er starb 1783 in Petersburg. Seine wichtigsten Arbeiten sind: Die Variation der beliebigen Konstanten, der gemeinschaftliche Schwerpunkt der Sonne und der Planeten, die Mondtheorie, das Problem der 3 Körper. Er bewarb sich auch bei der englischen Regierung um den früher erwähnten Nationalpreis bei der Längenbestimmung und erhielt für seine Arbeit 3000 Pfund.

Im Jahr 1740 krönte die französische Akademie der Wissenschaften 4 Arbeiten über die Gezeiten, diejenigen von Daniel Bernoulli, Euler und Maclaurin, welche drei auf die newtonische Anziehung gegründet waren und diejenige des Jesuiten Cavalleri, welche sich auf die kartesianischen Wirbel stützte. Das war noch die letzte Ehre, welche diesen Wirbeln erwiesen wurde. Von dieser Zeit wandten sich die französischen Gelehrten mit voller Macht dem Gravitationsgesetze zu und stehen in der vordersten Reihe. Unter den eigentlichen Vorgängern von Laplace ist zuerst Clairaut zu erwähnen, 1713—1763. Er hat die Theorie über die Gestalt der Erde auf musterhafte Weise bearbeitet. Er berechnete auch die Wiederkehr des 1. periodischen Kometen. Da die Zeit zwischen 1531 und 1607 etwa 13 Monate mehr betrug, so glaubte Halley, die Anziehung der Planeten, besonders Jupiters und Saturns, hätten diesen Unterschied bewirkt. Er bestimmte seine Rückkehr auf Ende 1758 oder auf Anfang 1759. Clairaut machte sich an die Rechnung. Die Verspätung des Kometen um 613 Tage kam ihm zu statten. Am 14. November 1758 zeigte er der Akademie an, dass, bei einer mutmasslichen Annäherung von einem Monat, der Komet um die Mitte April 1759 erscheinen werde. Derselbe ging durch die Sonnenähe am 12. März jenes Jahres; die Saturnmasse war nicht richtig angenommen. Die Wissenschaft trug also einen entschiedenen Sieg davon.

Nicht minder wichtig ist d'Allembert, 1717—1783, dessen Arbeiten vielfach diejenigen des Vorgenannten vervollständigen. In Beziehung auf die Gestalt der Erde kam Clairaut zu dem Schlusse, dass das Gleichgewicht des Ozeans noch möglich sei, wenn man an der Erdoberfläche und an den Schichten des innern Kerns eine elliptische Gestalt annehme. d'Allembert hat eine sinnreiche Methode angegeben, um mit der grössten Allgemeinheit die Theorie über die Gestalt der Erde und der Planeten zusammenzufassen. Die Bewegung der Absiden des Mondes beträgt

von Westen nach Osten jährlich über 40", Newton fand sie auf dem Wege der Rechnung nur halb so gross. Das war der erste Fall, wo die Theorie mit der Beobachtung nicht übereinstimmte. Clairaut versuchte eine komplizirte Lösung; Buffon widersprach ihm. Diesmal bekam der Metaphysiker Recht. Clairaut bemerkte später, dass er die Annäherung seiner Berechnung nicht weit genug getrieben hatte. Euler und d'Allembert bestätigten die Tatsache.

Lagrange, 1736—1813, ist einer der grössten Mathematiker aller Zeiten. Er wirkte in Turin, Berlin und Paris und hat besonders das Prinzip der virtuellen Geschwindigkeiten und das Problem der 3 Körper bearbeitet. Er hat das Gesetz entwickelt: Wenn die Masse jedes Planeten mit der Quadratwurzel aus der grossen Achse seiner Bahn und das Produkt mit dem Quadrat ihrer Exzentrizität multiplizirt wird, so ist die Summe aller solcher Produkte für das ganze System unveränderlich. Ueber die Schiefe der Ekliptik hat Lagrange folgenden Satz aufgestellt: Sie betrug im Jahr 29400 v. Ch. ihr Maximum oder 27° 31'. Seit jener Zeit nahm sie 15000 Jahre ab, bis sie im Jahr — 14400 ihren kleinsten Wert, 21° 20' erreichte. Von da wuchs sie wieder durch 12400 Jahre und war im Jahr — 2000 in ihrem grössten Werte 23° 53'. Seit dieser Zeit nimmt sie durch 8600 Jahre ab und wird + 6600 ihren kleinsten Wert, 22° 54' haben und endlich von da durch 12700 Jahre wieder wachsen, bis sie im Jahr + 19300 ihren grössten Wert, 25° 10', erreichen wird. Es muss zum Verständnis noch eingeflochten werden, dass die jetzige Abnahme der Schiefe der Ekliptik, wenn sie immer im gleichen Verhältnis vor sich ginge, in 177547 Jahren auf Null heruntersinken würde. Bailly, der 1736 geboren und 1793 von den Schreckensmännern hingerichtet wurde, war der Erste, welcher die Theorie der 4 Jupitermonde mit Hülfe der Analysis zu bearbeiten versuchte. Die französische Akademie stellte 1766 die bezügliche Preisfrage. Lagrange löste sie im ganzen Umfange. — Während die Umlaufszeiten der Planeten und Satelliten im Ganzen konstant sind, zeigte Halley, dass seit 2000 Jahren die mittlere Bewegung des Mondes immer schneller geworden sei. Lagrange und Laplace machten sich an die Aufgabe. Sie zeigten, dass die Exzentrizität der Erde seit den ältesten Zeiten immer abgenommen habe, während die grosse Achse unveränderlich geblieben sei. Die Bahn der Erde

nähere sich also dem Kreise, und die Sonne dem Mittelpunkt der Mondbahn, wodurch eine stärkere Wirkung der Sonne auf den Mond entstehe. Indem die Exzentrizität der Erdbahn veränderlich sei, müsse auch die Wirkung der Sonne auf den Mond veränderlich sein.

81. Die übereinstimmenden Bewegungen der Weltkörper. Gegen den Schluss seiner Exposition des Weltsystems (in der 7. und letzten Anmerkung) bringt Laplace noch folgende Betrachtung:

Man hat, um zu der Ursache der ursprünglichen Bewegungen des Weltsystems zu gelangen, die folgenden 5 Erscheinungen:

1. Die Bewegungen der Planeten nach derselben Richtung und beinahe in derselben Ebene;
2. die Bewegungen der Trabanten nach derselben Richtung wie diejenigen der Planeten;
3. die Achsendrehung dieser verschiedenen Körper und der Sonne nach der Richtung ihres Rundganges und beinahe in dessen Ebene;
4. die geringe Exzentrizität der Planeten- und Trabantenbahnen und endlich
5. die grosse Exzentrizität der Kometenbahnen, trotzdem ihre Neigung dem Zufall überlassen wurde.

Buffon ist der einzige meines Wissens, der seit der Entdeckung des wahren Weltensystems es versucht hat, dem Ursprung der Planeten und Trabanten nachzuforschen. Er vermutet, dass ein Komet (aus einem andern Sonnensystem) auf die Sonne gefallen sei, und einen Strom Materie abgelöst habe, welche sich in verschiedenen Entfernungen zu grössern oder kleinern Kugeln geballt habe; diese durch allmälige Abkühlung undurchsichtig und fest gewordenen Weltenkugeln seien zu Planeten und ihren Trabanten geworden.

Diese Hypothese genügt einzig der ersten jener 5 Erscheinungen; denn es ist klar, dass die so gebildeten Weltkugeln ungefähr in der Ebene, die durch den Mittelpunkt der Sonne geht und in der Richtung des Stromes, welcher die Materie ablöste, gleicherweise fortgerissen werden mussten. Die 4 übrigen Erscheinungen bleiben mir unerklärt. In Wahrheit muss die absolute

Bewegung der Stoffteilchen eines Planeten dann in der Richtung vor sich gehen wie die Bewegung seines Schwerpunktes; aber daraus folgt nicht, dass die Achsendrehung des Planeten mit derselben Richtung übereinstimme. So könnte die Erde von Osten nach Westen rotiren, während die absolute Bewegung ihrer einzelnen Stoffteilchen von Westen nach Osten stattfände, was auch auf den Rundgang der Satelliten passt, deren Richtung, nach der Hypothese, nicht notwendig mit dem Rundgang des Planeten übereinstimmen muss.

Eine für die Erklärung sehr schwierige Erscheinung ist bei dieser Hypothese die geringe Exzentrizität der Planetenbahnen. Man weiss aus der Theorie der Zentralkräfte, dass, wenn ein Körper in einer widerkehrenden Bahn die Oberfläche der Sonne streift, so muss er bei jedem Umlauf dahin zurückkehren, woraus sich ergibt: Wenn die Planeten ursprünglich sich von der Sonne abgelöst hätten, so müssten sie dieselbe bei jeder Rückkehr wieder treffen, und ihre Bahnen könnten durchaus nicht kreisförmig, aber sehr exzentrisch sein. Zwar kann ein Strom Materie, der von der Sonne ausgegangen ist, nicht genau mit einer Kugel verglichen werden, die an eine Oberfläche streift. Der Schwung, den die Teile dieses Stromes gegenseitig empfangen, und die gegenseitige Anziehung, die sie auf einander ausüben, können die Richtung ihrer Bewegungen verändern und ihre Sonnennähe vergrössern. Aber ihre Bahnen sollten immer sehr exzentrisch sein, oder sie sollten wenigstens alle nur sehr kleine Exzentrizitäten bekommen haben bei dem ausserordentlichsten Zufall. Kurz, bei der Buffon'schen Hypothese sieht man nicht ein, warum die Bahnen von über 100 Kometen, die man schon beobachtet hat, sämtlich sehr langgestreckt sind. Diese Hypothese kann also den erwähnten Erscheinungen nicht von ferne genügen. Wir wollen versuchen, ob wir zu ihrer wahren Ursache gelangen können. Welches auch ihre Natur sei, da sie ja die Bewegungen der Planeten erzeugt und geleitet hat, so muss sie alle diese Weltkörper umfasst haben und in Betracht der ungeheuren Entfernung, welche zwischen ihnen besteht, kann sie nur ein Fluidum von ungeheurer Ausdehnung gewesen sein. Wenn das betreffende Fluidum ihnen in der gleichen Richtung eine fast kreisförmige Bewegung um die Sonne verschaffen soll, muss sie diese wie eine Atmosphäre umgeben haben. Die Betrachtung der Planetenbewegungen leitet uns also

auf den Gedanken, dass die Sonnenatmosphäre, in Folge ausserordentlicher Hitze, sich ursprünglich über alle Planetenbahnen hinaus erstreckt und allmälig bis auf ihre jetzigen Grenzen zusammengezogen habe.

Im Urzustande, von dem wir jetzt reden, glich die Sonne einem Nebelfleck, den uns das Fernrohr als einen mehr oder weniger glänzenden Kern zeigt, der von einem Nebelgebilde umgeben ist, das bei Verdichtung der Oberfläche des Kerns zu einem Stern umgewandelt wird. Wenn man ähnlich annimmt, dass alle Sterne aus diesem Stoffe gebildet worden sind, so kann man sich denken, dass ihrem frühern Zustande selbst andere Stadien vorausgegangen sind, in welchen die Nebelmasse immer mehr verwischt und der Kern immer weniger hell war. Man kommt so, wenn man möglichst weit rückwärts geht, zu einem so verwischten Nebelgebilde, dessen Dasein sich kaum vermuten lässt.

82. Entstehung des Sonnensystems. Schon lange ist das eigentümliche Aussehen einiger dem blossen Auge sichtbarer Sterne philosophischen Beobachtern aufgefallen. Mitschel hat schon bemerkt, wie unwahrscheinlich es ist, dass z. B. die Plejaden in den engen Raum, der sie einschliesst, blos durch Zufall gedrängt worden seien, und er hat daraus geschlossen, dass diese Sterngruppe und ähnliche Gruppen, welche der Himmel uns zeigt, die Wirkung einer ursprünglichen Ursache oder eines allgemeinen Naturgesetzes sind. Diese Gruppen sind ein notwendiges Ergebnis der Verdichtung der Nebelflecken mit mehrfachem Kern; denn es ist ersichtlich, so wie die Nebelmasse unaufhörlich von den verschiedenen Kernen angezogen wird, so müssen letztere nach langer Zeit eine den Plejaden ähnliche Sterngruppe bilden. Die Verdichtung der Nebelflecken mit 2 Kernen wird entsprechend nahe Sterne bilden, welche sich um einander drehen wie die Doppelsterne, deren beiderseitige Bewegungen man schon erkannt hat.

Wie hat nun die Sonnenatmosphäre Achsendrehung und Rundgang der Planeten und ihrer Trabanten bewirkt? Wenn diese Weltkörper tief in den Dunstkreis eingedrungen wären, so wären sie durch dessen Widerstand auf die Sonne gefallen. Man kann vermuten, dass die Planeten nach einander an der Grenze der Sonnenatmosphäre gebildet wurden durch Verdichtung der

Dunstzonen, welche die abgekühlte Atmosphäre in der Ebene des Sonnenäquators abgeschleudert hat.

Nach den frühern Ergebnissen (IV, 10) kann die ursprüngliche Sonnenatmosphäre sich nicht ins Unendliche erstrecken; ihre Grenze bildet der Punkt, wo die Fliehkraft, welche von der Achsendrehung herrührt, der Schwere gleichkommt. Nun wird auch in dem Masse, wie die Abkühlung den Dunstkreis enger einschliesst, und an der Oberfläche des Gestirns die Stoffteile verdichtet, welche ihr naheliegen, die Achsendrehung vermehrt; denn nach dem Grundsatz der gleichen Flächen muss die Summe der Bahnflächen, welche von dem Leitstrahl jedes Moleküls der Sonne und ihrer Atmosphäre beschrieben und in der Ebene ihres Aequators gedreht werden, immer gleich bleiben; somit muss die Achsendrehung schneller werden, wenn diese Moleküle sich dem Mittelpunkt der Sonne nähern. Da die Fliehkraft, welche von dieser Bewegung bedingt ist, dadurch grösser wird, so ist der Punkt, wo die Schwere ihr gleichkommt, näher an diesem Mittelpunkt. Wenn man annimmt, dass die Atmosphäre in einer beliebigen Zeit sich bis zu ihrer weitesten Grenze erstreckt habe, so musste sie nach vollendeter Abkühlung die Moleküle fahren lassen, welche in dieser und den darauffolgenden Grenzen liegen, die durch vermehrte Achsendrehung der Sonne entstehen. Diese abgelösten Moleküle kreisen auch fernerhin um den Weltkörper, weil ja ihre Fliehkraft durch die Schwere ausgeglichen wird. Aber da diese Ausgleichung nicht stattfindet in Beziehung auf die atmosphärischen Moleküle, welche auf den Parallelkreisen des Sonnenäquators liegen, so haben sich diese durch ihre Schwere der Atmosphäre genähert, wie sich letztere verdichtete, und sie haben durch diese Bewegung erst dann ihr nicht mehr angehört, als sie sich diesem Aequator genähert haben.

83. Die Ringbildung. Wir wollen jetzt die Dunstzonen betrachten, welche nach einander abgelöst werden. Diese Zonen haben nach aller Wahrscheinlichkeit bei ihrer Verdichtung und bei der gegenseitigen Anziehung ihrer Moleküle verschiedene konzentrische Dunstringe bilden müssen, welche um die Sonne kreisen. Die gegenseitige Reibung der Moleküle jedes Ringes hat notwendig die einen beschleunigt, die andern verzögert, bis sie dieselbe Winkelgeschwindigkeit erlangt haben. So ist die wirkliche Ge-

schwindigkeit der vom Mittelpunkt des Gestirns weiter abstehenden Moleküle grösser gewesen. Die folgende Ursache hat zu diesem Unterschied in der Geschwindigkeit auch noch beitragen müssen. Die Moleküle, welche am weitesten von der Sonne abstehen und welche durch Abkühlung und Verdichtung sich ihr genähert haben, um den obern oder aüssern Teil des Ringes zu bilden, haben immer den Zeiten proportionale Flächen beschrieben, weil die Zentralkraft, von welcher sie getrieben wurden, beständig gegen dieses Gestirn gerichtet war. Nun erfordert diese Beständigkeit der Flächen eine Vermehrung der Geschwindigkeit, sowie dieselben sich mehr nähern. Man sieht also ein, dass dieselbe Ursache die Schnelligkeit der Moleküle vermindern musste, welche sich gegen den Ring erhoben haben, um den untern oder nähern Teil zu bilden. Wenn alle Moleküle eines Dunstringes sich verdichteten, ohne sich wieder zu trennen, so würden sie mit der Zeit einen flüssigen oder festen Ring bilden. Aber die Regelmässigkeit, welche diese Bildung bei allen Teilen des Ringes und bei ihrer Abkühlung verlangt, musste die Erscheinung aüsserst selten machen. Darum bietet das Sonnensystem nur ein einziges Beispiel, dasjenige der Ringe Saturns.

Fast immer musste jeder Dunstring in mehrere Teile zerfallen, welche mit beinahe gleichen Geschwindigkeiten in derselben Entfernung um die Sonne sich gedreht haben. Diese Teile haben eine sphäroidische Gestalt annehmen müssen mit einer Achsendrehung, die der Richtung ihrer Rundbahn entsprach, da ja ihre untern Moleküle weniger wirkliche Geschwindigkeit hatten als die obern; sie haben also gleichviel Dunstplaneten gebildet. Aber wenn einer von ihnen so mächtig war, um nach und nach durch seine Anziehung alle andern um seinen Mittelpunkt zu scharen, so wird der Dunstring auf diese Weise in eine einzige sphäroidische Dunstmasse verwandelt worden sein, welche um die Sonne kreist, mit einer Achsendrehung, die mit der Richtung des Rundganges zusammenfällt. Dieser letzere Fall ist der gewöhnlichste gewesen; indessen zeigt uns das Sonnensystem auch den erstern Fall bei den 4 Planetoiden, welche zwischen Jupiter und Mars sich bewegen, insofern man nicht mit Olbers annimmt, dass sie ursprünglich einen einzigen Planeten gebildet haben, welcher bei einer starken Explosion in mehrere Teile zersprengt wurde, die verschiedene Geschwindigkeiten bekamen.

Wenn wir jetzt die Veränderungen verfolgen, welche eine weitere Abkühlung bei den Dunstplaneten hervorbringen musste, deren Bildung wir so eben angenommen haben, so sehen wir im Mittelpunkt jedes dieser Dunstplaneten einen Kern entstehen, der unaufhörlich anwächst durch die Verdichtung der ihn umgebenden Atmosphäre. In diesem Zustand glich der Planet vollständig der Sonne als Nebelstern, wie wir sie soeben betrachtet haben. Die Abkühlung hat also bei den verschiedenen Grenzen ihrer Atmosphäre ähnliche Erscheinungen erzeugen müssen, wie wir schon beschrieben haben, nämlich Ringe und Satelliten, welche um ihren Mittelpunkt rotiren, in der Richtung ihrer Rotation und in derselben Richtung um ihre Achse. Die regelmässige Verteilung der Masse der Saturnringe um ihren Mittelpunkt und in der Aequatorebene des Hauptkörpers, kommt natürlich von dieser Hypothese her und wird ohne sie unerklärlich: Diese Ringe scheinen mir ewig bleibende Beweise der ursprünglichen Ausdehnung der Atmosphäre Saturns und seines allmäligen Rückzuges.

So kommen die eigentümlichen Erscheinungen von der geringen Exzentrizität der Planeten- und Satellitenbahnen, von der geringen Neigung dieser Bahnen zum Sonnenäquator, von der Uebereinstimmung in der Richtung der Achsen- und Rundgangbewegungen aller dieser Weltkörper mit der Achsendrehung der Sonne, von der Hypothese, welche wir vorschlagen und geben ihr wieder eine grosse Wahrscheinlichkeit.

Wenn das Sonnensystem sich mit einer vollständigen Regelmässigkeit gebildet hätte, so wären die Bahnen der zugehörigen Weltkörper Kreise, deren Ebenen wie diejenigen der verschiedenen Aequatore und Ringe mit dem Sonnenäquator zusammenfielen. Aber man begreift, dass die zahllose Mannigfaltigkeit, welche in der Temperatur und Dichtigkeit der verschiedenen Teile dieser grossen Massen vorkommen musste, die verschiedenen Exzentrizitäten der Bahnen und die Ablenkungen ihrer Bewegungen von dieser Aequatorebene hervorbrachte.

84. Die Kometen. Laplace fährt folgendermassen fort: Bei unserer Hypothese werden die Kometen als Fremdlinge des Planetensystems betrachtet, die als irrende Nebelsternchen von einem Sonnensystem zum andern schweifen und durch Verdichtung der Nebelmasse entstehen, welche so verschwenderisch im Weltall

verbreitet ist. Man sieht, wenn sie in solche Teile des Raumes gelangen, wo die Anziehung unserer Sonne vorherrscht, so werden sie gezwungen, elliptische oder hyperbolische Bahnen zu beschreiben. Da aber ihre Geschwindigkeit nach allen Seiten gleicherweise möglich ist, so können sie sich beliebig nach allen Richtungen und unter jeglicher Neigung zur Ekliptik bewegen, was mit den Beobachtungen stimmt.

Also erklärt die Verdichtung der Nebelmaterie, womit wir soeben die Achsen- und Rundgangbewegung der Planeten und Satelliten in derselben Richtung und beinahe in derselben Ebene erklärt haben, ebenfalls, warum die Bewegungen der Kometen von diesem allgemeinen Gesetze abweichen.

Die grosse Exzentrizität der Kometenbahnen ist auch noch eine Folge unserer Hypothese. Wenn diese Bahnen Ellipsen sind, so sind sie sehr langgestreckt, da ja ihre grossen Achsen mindestens dem Radius des Wirkungskreises der Sonne gleichkommen. Aber diese Bahnen können hyperbolisch sein, und wenn die Achsen dieser Hyperbeln nicht sehr gross sind in Beziehung auf die mittlere Entfernung der Sonne von der Erde, so erscheint die Bewegung der Kometen, welche dieselben beschreiben, merklich hyperbolisch. Indessen scheint keiner der mindestens 100 Kometen, von denen man die Bahnelemente kennt, sich nach einer Hyperbel zu bewegen; es müssen also die Zufälle, welche eine merkliche Hyperbel ergeben, ausserordentlich selten sein im Vergleich zu den andern, gegenteiligen Zufällen. Die Kometen sind so klein, dass sie erst sichtbar werden, wenn ihr Sonnenabstand unbeträchtlich ist. Bis jetzt hat diese Entfernung nur zweimal den Durchmesser der Erdbahn übertroffen, und am haüfigsten ist sie unter dem Halbmesser dieser Bahn geblieben. Man begreift, dass ihre Geschwindigkeit, um der Sonne so nahe zu kommen, im Augenblick, da sie in ihren Wirkungskreis eintreten, eine Grösse und eine Richtung haben muss, die innerhalb engen Grenzen enthalten ist. Wenn man nach der Wahrscheinlichkeitsrechnung das Verhältnis der Möglichkeit bestimmt, welche in diesen Grenzen eine merkliche Hyperbel ergibt mit derjenigen, die eine Bahn ergibt, welche mit einer Parabel verwechselt werden kann, so habe ich gefunden, es sei 6000 gegen 1 zu wetten, dass ein Nebelstern, welcher in den Wirkungskreis der Sonne eindringt, und daselbst beobachtet

werden kann, entweder eine sehr verlängerte Ellipse oder eine Hyperbel beschreibt, welche wegen der Grösse ihrer Achse leicht mit einer Parabel zusammenfällt in dem Teil, wo man ihn beobachtet. Es ist also nicht auffallend, dass man bisanhin keine hyperbolischen Bewegungen erkannt hat. Die Anziehung der Planeten und vielleicht noch der Widerstand der ätherischen Medien hat mehrere Kometenbahnen verändern müssen zu Ellipsen, deren grosse Achse viel geringer ist als der Radius des Wirkungskreises der Sonne. Man kann annehmen, dass diese Abänderung stattgefunden hat für die Bahn des Kometen von 1759, dessen grosse Achse nur 35 mal die Entfernung der Sonne von der Erde übertrifft. Eine noch grössere Veränderung haben die Bahnen der Kometen von 1770 und 1805 erlitten. Wenn einige Kometen zur Zeit ihrer Bildung in die Atmosphäre der Sonne und der Planeten eingedrungen sind, so haben sie in Spirallinien auf diese Weltkörper fallen und durch diesen Fall die Bahn- und Aequatorebenen der Planeten von der Ebene des Sonnenäquators ablenken müssen.

85. Das Zodiakallicht und damit verbundene Eigenschaften der Erde. Laplace fährt fort: Wenn in den Zonen, welche von der Sonnenatmosphäre verlassen waren, sich allzu flüchtige Moleküle vorfanden, die sich weder unter sich noch mit den Planeten verbinden konnten, so müssen sie um dieses Gestirn kreisen und alle Erscheinungen des Tierkreislichtes darbieten, ohne den verschiedenen Weltkörpern des Planetensystems einen merklichen Widerstand entgegenzusetzen, teils wegen ihrer aüssersten Feinheit, teils deswegen, weil ihre Bewegung beinahe dieselbe ist wie diejenige der Planeten, welchen sie begegnen.

Die gründliche Erforschung aller Umstände dieses Systems vermehrt noch die Wahrscheinlichkeit unserer Hypothese: Der ursprünglich flüssige Zustand der Planeten ist deutlich angegeben durch die Abplattung ihrer Gestalt, entsprechend den Gesetzen über die gegenseitige Anziehung ihrer Moleküle; er wird überdies für die Erde noch bewiesen durch die regelmässige Verminderung der Schwerkraft, wenn man vom Aequator nach den Polen geht. Dieser ursprünglich flüssige Zustand, auf welchen man durch die astronomischen Erscheinungen geleitet wird, muss sich auch bei denjenigen offenbaren, welche die Naturgeschichte uns zeigt. Aber um ihn da herauszufinden, muss man die unendliche Mannigfal-

tigkeit der Verbindungen berücksichtigen, welche mit allen irdischen Substanzen gebildet wurden, wenn sie als Dünste mit einander vermischt waren und wenn dies Sinken der Temperatur ihren Elementen die Vereinigung erlaubt hat; man muss hierauf die wunderbaren Veränderungen berücksichtigen, welche diese Temperaturerniedrigung allmälig mit sich bringen musste im Innern und auf der Oberfläche der Erde, in allen ihren Erzeugnissen, im Bestand und im Druck der Dunsthülle, beim Weltmeer und in den Stoffen, die es aufgelöst enthielt. Kurz, man muss Rücksicht nehmen auf die heftigen Veränderungen, wie grosse vulkanische Ausbrüche, welche zu verschiedenen Zeiten die Regelmässigkeit dieser Veränderungen stören mussten. Wenn die Geologie unter diesem Gesichtspunkt verfolgt wird, welcher sie mit der Astronomie verbindet, so kann diese von jener in vielen Dingen Genauigkeit und Sicherheit erhalten.

86. Die Satelliten. Laplace fährt weiter fort: Eine der eigentümlichsten Erscheinungen des Sonnensystems ist die haarscharfe Gleichheit, welche man an der Winkelgeschwindigkeit der Achsen- und Rundgangbewegung jedes Satelliten beobachtet. Man kann eine unendliche Zahl gegen 1 wetten, dass dieselbe nicht vom Zufall bewirkt wird. Die Theorie der allgemeinen Schwere enthebt uns dieser unendlichen Wahrscheinlichkeit, indem sie uns zeigt, dass die Erscheinung genügend erhalten bleibt, wenn von Anfang an diese Bewegungen sehr wenig von einander verschieden gewesen sind. Dann hat die Anziehung des Planeten eine volle Gleichmässigkeit unter ihnen zu Stande gebracht; zugleich hat sie aber zu einer periodischen Schwankung der Satellitenachse Veranlassung gegeben, zu einer Schwankung, deren Grösse von der ursprünglichen Verschiedenheit der beiden Bewegungen abhängt. Da die Beobachtungen Mayer's über die Libration des Mondes und diejenigen, welche Bouvard und Nicollet über denselben Gegenstand auf meine Veranlassung soeben gemacht haben, diese Schwankung nicht haben erkennen lassen, so muss der Unterschied, von dem sie abhängt, sehr klein sein, was mit grosser Wahrscheinlichkeit auf eine besondere Ursache hinweist, welche diesen Unterschied in den engen Grenzen eingeschlossen hat, wo die Anziehung des Planeten zwischen den mittlern Bewegungen der Achsendrehung und des Rundganges eine haarscharfe Gleich-

heit zu Stande gebracht hat, welche ihre Schwankung schliesslich vollständig vernichtet hat. Beide Wirkungen entstehen aus unserer Hypothese; denn man begreift, dass der Mond im Dunstzustande durch die mächtige Anziehung der Erde ein verlängertes Sphäroid bildete, dessen grosse Achse unaufhörlich gegen diesen Planeten gerichtet war, mit der Leichtigkeit, mit welcher die Dünste den kleinsten, auf sie einwirkenden Kräften nachgeben. Da die irdische Anziehung immer auf die gleiche Weise einzuwirken fortfuhr, so lange der Mond in flüssigem Zustande war, so hat sie mit der Länge der Zeit, indem sie unaufhörlich die beiden Bewegungen dieses Satelliten einander genähert hat, ihren Unterschied in den Grenzen fallen lassen müssen, wo ihre haarscharfe Uebereinstimmung sich geltend zu machen begann. Hierauf musste diese Anziehung allmälig die Schwankung aufheben, welche diese Uebereinstimmung in der grossen Achse des gegen die Erde gerichteten Sphäroids hervorgebracht hat. So haben die Flüssigkeiten, welche diesen Planeten bedecken, durch ihre Reibung und ihren Widerstand die ursprünglichen Schwankungen ihrer Rotationsachse zerstört, welche jetzt nur noch der Nutation unterworfen ist, die aus der Einwirkung der Sonne und des Mondes entsteht. Man kann sich leicht überzeugen, dass die Uebereinstimmung der Achsendrehung und des Rundganges der Satelliten durch die Atmosphären dieser Weltkörper ein Hindernis abgeben musste für die Bildung von Ringen und von Satelliten zweiter Ordnung. Darum hat auch die Beobachtung bisanhin nichts Aehnliches aufgefunden.

Die Bewegungen der 3 ersten Satelliten Jupiters bieten eine noch aussergewöhnlichere Erscheinung, welche darin besteht, dass die mittlere Länge des ersten weniger dreimal diejenige des zweiten, mehr zweimal diejenige des dritten beständig zwei rechte Winkel ausmachen. Man kann eine unendliche Zahl gegen 1 wetten, dass diese Gleichheit nicht zufällig ist. Aber man hat ersehen, dass zu ihrer Erzeugung es hingereicht hat, wenn im Anfang die mittlern Bewegungen dieser 3 Weltkörper sehr annähernd dem angedeuteten Verhältnisse entsprochen haben. Dann hat ihre gegenseitige Anziehung dieses Verhältnis haarscharf ausgebildet und überdies den halben Umfang gleichgemacht der mittlern Länge des ersten Satelliten, weniger dreimal derjenigen des zweiten, mehr zweimal derjenigen des dritten. Zugleich hat sie zu einer periodischen Ungleichheit geführt, welche von der kleinen

Menge abhängt, um welche die mittlern Bewegungen ursprünglich von dem Verhältnis abweichen, das wir so eben angeführt haben. Welche Mühe sich auch Delambre gegeben hat, diese Ungleichheit durch Beobachtungen zu erkennen, so hat er ihre ungemeine Kleinheit nicht beweisen können, was folglich mit sehr grosser Wahrscheinlichkeit auf eine Ursache hinweist, durch welche sie verschwunden ist. Nach unserer Hypothese haben sich die Satelliten Jupiters, unmittelbar nach ihrer Bildung, nicht in einem vollständig leeren Raum bewegt: die weniger verdichtbaren Moleküle der ursprünglichen Atmosphären der Sonne und der Planeten bildeten damals ein feines Medium, deren für jedes dieser Gestirne verschiedener Widerstand allmälig ihren mittlern Bewegungen des fraglichen Verhältnisses sich annähern konnte, und als diese Bewegungen so die notwendigen Bedingungen erreicht haben, damit die gegenseitige Anziehung der 3 Satelliten dieses Verhältnis in Kraft erhielten, so hat derselbe Widerstand unaufhörlich die Ungleichheit vermindert, welche von diesem Verhältnis hervorgebracht wurde und hat sie endlich unmerklich gemacht. Man kann diese Wirkungen nicht besser vergleichen als mit der Bewegung eines Pendels, das mit grosser Geschwindigkeit in einem beinahe widerstandslosen Medium kreist. Es wird zuerst eine grosse Anzahl Kreise beschreiben, aber auf die Länge wird seine kreisende Bewegung immer mehr abnehmen und sich in eine Hin- und Herbewegung verwandeln, welche ihrerseits durch den Widerstand des Mediums abnimmt und endlich ganz aufhört: Wenn dann das Pendel in den Zustand der Ruhe gekommen ist, wird es unaufhörlich darin verbleiben.

87. Die Meteore. In seiner Exposition des Weltsystems (IV, 5 Schluss) sagt Laplace: Da die Schwere auf der Oberfläche des Mondes viel geringer ist als auf der Oberfläche der Erde, und jener Weltkörper keine Atmosphäre hat, welche der Bewegung der Körper einen merklichen Widerstand entgegegensetzt, so begreift man, dass ein mit grosser Kraft durch den Ausbruch eines Mondvulkanes herausgeschleuderter Körper die Grenze erreichen und überschreiten kann, wo die Anziehung der Erde über diejenige des Mondes die Oberhand gewinnt. Dazu reicht es hin, dass seine Anfangsgeschwindigkeit in der Scheitellinie 2500 m in der Sekunde betrage. Anstatt dann wieder auf den Mond zurückzu-

fallen, wird er ein Satellit der Erde und beschreibt um sie herum eine mehr oder weniger längliche Bahn. Sein ursprünglicher Anstoss kann so gerichtet sein, dass er gerade die irdische Atmosphäre trifft; er kann sie so erst nach einer sehr grossen Zahl Rundgängen erreichen; denn es ist ersichtlich, dass die Wirkung der Sonne, welche die Entfernung zwischen dem Mond und der Erde sehr beträchtlich ändert, bei dem Leitstrahl eines Satelliten, welcher in einer sehr exzentrischen Bahn bewegt wird, viel beträchtlichere Veränderungen hervorbringen und auf die Länge die Planetennähe des Satelliten vermindern kann, so dass er in unsere Atmosphäre eindringt. Wenn ein solcher Körper diese mit grosser Geschwindigkeit durchlaüft, so muss er einen sehr starken Widerstand erleiden und schliesslich bald auf die Erde stürzen; die Reibung der Luft würde ihn an seiner Oberfläche entzünden und zur Explosion veranlassen, wenn er dazu geeignete Stoffe enthielte, und dann würde er alle Erscheinungen darbieten, welche die Aërolithen zeigen. Wenn es gehörig bewiesen wäre, dass sie nicht aus unsern Vulkanen oder aus unserer Atmosphäre stammen, und man die Ursache ausserhalb derselben, also im Weltenraum suchen muss, so wäre die vorstehende Hypothese, die übrigens die beobachtete Uebereinstimmung in der Zusammensetzung der Aërolithen aus derjenigen ihres gleichen Ursprunges ableitet, durchaus nicht ohne Wahrscheinlichkeit.

88. **Die Dauer des Weltsystems.** Newton erachtete es für notwendig, dass die Hand des Schöpfers von Zeit zu Zeit in das Weltengetriebe eingreife, um es im Gange zu erhalten.

Gegen das Ende des 18. Jahrhunderts bemerkte man in den Bewegungen des Mondes eine Beschleunigung, deren Ursache man nicht kannte. Laplace suchte der Sache auf den Grund zu kommen. Zuerst griff er nach der Hypothese, die Wirkung der Schwere sei keine augenblickliche, sondern pflanze sich mit einer gewissen, wenn auch sehr grossen Geschwindigkeit fort. Er fand, dass sie sich mindestens 50 Millionen mal schneller fortpflanze als das Licht. Er war im Fernern von dem Gedanken erfüllt, dass die Schwere alle Weltkörper erhalten könne. So sagt er (Exposition des Weltsystems, V, 5) im Wesentlichen: Die Anziehung kann bewirken und unaufhörlich unterhalten die Bewegung bei einem System Weltkörper, die sich ursprünglich in Ruhe befinden; denn

es ist nicht wahr, wie mehrere Philosophen gesagt haben, dass sie mit der Zeit alle diese Weltkörper in ihrem gemeinsamen Schwerpunkt vereinigen müsse. Die einzigen Elemente, die immer Null bleiben müssen, sind die Bewegung dieses Mittelpunktes und die Summe der Flächen, welche von allen Molekülen des Systems, das auf eine beliebige Ebene bezogen wird, in einer gegebenen Zeit um diesen Punkt beschrieben werden.

Nach mehreren vergeblichen Versuchen lieferte Laplace am 19. März 1787 in einem Memoire an die französische Akademie der Wissenschaften den Beweis, dass die erwähnte Beschleunigung eine notwendige Wirkung der allgemeinen Schwere sei.

Er ging dann noch einen Schritt weiter und fand im Wesentlichen: Die Gestalt der Planetenbahnen und ihre Neigungen verändern sich im Laufe der Jahrhunderte; aber diese Veränderungen überschreiten gewisse Grenzen nie. Alles ist auf eine ewige Dauer und bewunderungswürdige Harmonie des Ganzen berechnet. Was auch die physische Ursache der Planetenbildung gewesen sein mag, so hat sie den betreffenden Weltkörpern eine Bewegung in einer und derselben Richtung um eine ungeheure Kugel verliehen, das ist der Grund für die Stabilität des Sonnensystems.

98. Stabilität des Sonnensystems, die Erdachse und die grossen Achsen der Planetenbahnen. Was die Erdachse betrifft, so waren die Geologen am Ende des letzten Jahrhunderts geneigt, eine Versetzung der Pole an den Aequator für gewisse Erscheinungen zu Hülfe zu ziehen. 1771 hatte man in Sibirien ein gut erhaltenes Nashorn mit steifen, 9 dm langen Borsten und 1799 daselbst ein Mammut mit Fleisch, Haut und Haar im Eise gefunden. Halley hatte früher schon die Meinung aufgestellt, dass der eine Pol der Erde seiner Zeit in der Hudsonsbai gewesen und Amerika deswegen unter gleicher Breite eine grössere Kälte zeige als Europa. (Expos. d. Weltsyst. IV, 8.)

Für die Unveränderlichkeit der Erdachse führte Laplace den Beweis etwa folgendermassen: Bei einer vollen Kugel kann jeder Durchmesser zur Rotationsachse werden, bei einem Ellipsoid die Längsachse und jeder Durchmesser des Aequators; bei der abgeplatteten Erde ist aber keine Veränderung der Achse möglich, da sonst bei der Drehung kein Punkt mehr einen Kreis beschreiben könnte. Der erste Anstoss bestimmte die Erdachse, die Achsen-

drehung plattete die Pole ab und erhöhte den Aequator, so dass keine weitere Abwechslung der Achse mehr möglich ist. (Expos. d. Weltsystems IV, 8. Paris 1846, Seite 296.)

Was die grossen Achsen der Planetenbahnen anbetrifft, hat Laplace ebenfalls ihre Unveränderlichkeit bewiesen. Alle Elemente der Planetenbahnen sind veränderlich, die meisten periodisch, mit Ausnahme der Absidenlinie. Aber die grosse Achse der Bahn hängt nach dem 3. Kepler'schen Gesetz mit der Umlaufszeit zusammen. Eine Aenderung, wenn sie einmal eingeleitet würde, könnte nicht in periodischer Ab- und Zunahme bestehen, sondern muss ihrer Natur nach immer in demselben Sinne anwachsen und sich mit der Zeit ins Unendliche steigern.

Von der Geschwindigkeit im ursprünglichen Sonnenabstand hängt es ab, ob die Bahn eines Weltkörpers eine Ellipse, eine Parabel oder eine Hyperbel ist. Wenn nun z. B. ein Planet eine Ellipse beschreibt, so wird er, wenn sein mittlerer Abstand sich ändert und er das nächste Mal wieder zu demselben Sonnenabstand gelangt, eine ganz andere Geschwindigkeit haben, mittelst welcher er fortan keine Ellipse mehr um die Sonne beschreiben kann. So beschreibt Jupiter im Perihel 1,85 Meilen in der Sekunde, Saturn nur 1,38 Meilen. Das sind zugleich ihre Anfangsgeschwindigkeiten, wenn nämlich diese Planeten im Perihelium entstanden sind. Wenn aber Saturn in dieser seiner kleinsten Entfernung von der Sonne einmal die erwähnte Geschwindigkeit Jupiters erhalten sollte, so würde die frühere elliptische Bahn in eine Parabel übergehen und Saturn sich immer weiter von der Sonne entfernen, und samt seinem Ring und seinen 7 Monden endlich ganz aus unserm System verschwinden. Ebenso könnte schon eine geringe Vergrösserung der anfänglichen Geschwindigkeit die Bahn eines Planeten, wenn sie auch keine Hyperbel wird, zu einer sehr exzentrischen Ellipse machen und so den Weltkörper aus der Reihe der sogenannten Planeten entfernen nnd ihn unter die Kometen versetzen. Durch derartige Veränderungen würden die Planeten — die durch grosse Raüme von einander getrennt, ihre Wege friedlich zurücklegen — einander auf ihren Bahnen begegnen und Unordnungen und Zerstörungen verursachen, und das ganze System würde seiner Auflösung entgegengehen. Ebenso gefährlich wäre eine Verminderung dieser Geschwindigkeit, da sie den Planeten der Sonne näher bringen und endlich mit ihr vereinen müsste.

Dem ist vorgebeugt, indem die grossen Achsen, also auch die Umlaufszeiten sämtlicher Planeten für alle Zeiten konstante Grössen sind.

Wie schon angedeutet, machte Lagrange zuerst die Entdeckung, dass, wenn man in den allgemeinen, analytischen Ausdruck der sekulären Störungen der grossen Achse eines Planeten diejenigen Zahlen setzt, welche den einzelnen Planeten zukommen, sich alle Glieder dieses Ausdrucks aufheben. Daraus folgt, dass diese grosse Achse selbst durch die Einwirkung der andern Planeten keine Störung erleidet, oder dass sie und unter allen Elementen der Bahn, sie allein, unveränderlich ist. Laplace hat dann diesen Satz noch weiter ausgebildet.

90. Stabilität, die gegenseitigen Umlaufszeiten. Die Umlaufszeiten der Planeten sind unter sich inkommensurabel, d. h. es hat nicht 2 unter ihnen, die sich wie ganze Zahlen zu einander verhalten. Das ist das Geheimnis, an welches die Dauer des Planetensystems geknüpft ist. Die Umlaufszeiten Jupiters und Saturns verhalten sich nahezu wie 2 : 5. Sollte das Verhältnis genau zutreffen, so würde es eine fortwährende Aenderung der Achsen dieser beiden Planeten nach sich ziehen. Die eine würde zu-, die andere abnehmen, was die endliche Zerstörung dieser beiden grössten Planeten zur Folge hätte. Der Umstand, dass sie sich aber beinahe verhalten wie 2 : 5, bewirkt, dass die beiden Planeten sich eine viel grössere Störung zufügen, als man bei den übrigen Planeten findet. Sie kann bei Saturn auf 2950 Sekunden ansteigen. Die Störung wäre noch grösser, wenn jenes Verhältnis dem der Zahlen 2 : 5 noch näher stünde. Ja, sie würde endlich in ein immerwährendes Wachsen der Achse der Jupiterbahn und ein stetes Abnehmen der Achse der Saturnbahn übergehen, wenn jenes Verhältnis vollkommen hergestellt wäre. Jetzt entsteht daraus eine Periode von 930 Jahren. Je näher die Umlaufszeiten dieser Planeten jenen Verhältnissen kommen, desto mehr würden sich diese Grenzen wie auch die Dauer der Periode erweitern, bis endlich die Zügel, welche die beiden grössten Weltkörper unsers Systems in ihren Bahnen gehalten haben, nachgäben und das Ganze seinem unvermeidlichen Untergange entgegen eilte. (Expos. d. Weltsyst. IV, 2.)

91. Stabilität, die Tageslänge. Was den Sterntag betrifft, so ist er unsere Zeiteinheit. Laplace gibt zu, dass innere Ursachen, vulkanische Ausbrüche, Erdbeben, Winde, Meeresströmungen u. dgl. einen Einfluss auf die Tageslänge haben könnten. (Expos. d. Welts. IV, 8.)

Die Erde war ursprünglich flüssig, wie die Abplattung beweist. Wäre die Erde ursprünglich fest gewesen, so hätte sie trotz der Achsendrehung ihre erste Gestalt im Allgemeinen beibehalten. Die Theorie führt uns bei der gegebenen Grösse der Erde auf die Geschwindigkeit der Achsendrehung — den ursprünglich flüssigen Zustand dieses Weltkörpers vorausgesetzt — ja auf die Grösse der Abplattung. Die Resultate stimmen sehr gut mit den Beobachtungen, mit den Meridianmessungen, mit den Pendellängen, so dass man nicht an der Richtigkeit der Voraussetzung zweifeln kann, worauf jene Theorie gebaut ist. Die Ursache dieses ursprünglichen Zustandes der Erde hat die Geologen in 2 Lager geschieden, Neptunisten und Plutonisten. Die mit der Zeit an Grösse abnehmende Erde dreht sich um ihre Achse. Welches auch die Kraft gewesen sein mag, die diese Drehung hervorgebracht hat, ihre Wirkung auf die Achsendrehung der Erde, d. h. auf die Geschwindigkeit dieser Drehung musste nach dem Gesetz der Trägheit dieselbe bleiben, so lange die Grösse, das Volumen der Erde sich gleich blieb. Wie aber ihre Grösse abnimmt, so wird sie schneller, wie ein Rad, das mit derselben Kraft getrieben, sich um so geschwinder dreht, je kleiner es ist. Die Erde muss also jetzt schneller rotiren; ihr Tag muss jetzt kürzer sein als früher. Nehmen wir an, die mittlere Temperatur der ganzen Erde, nicht etwa nur der Oberfläche habe seit 2000 Jahren um 1° C. abgenommen und die Erde dehne sich aus wie Glas, also für $1^0 = \frac{1}{100000}$. Dann entspräche einer solchen Verminderung der Erdwärme eine Vergrösserung der Drehungsgeschwindigkeit und da diese Dinge mit dem Quadrat der Entfernung sich ändern, so betrüge die Vergrösserung der Geschwindigheit etwa $\frac{1}{50000}$, der Tag von 86400 Sekunden würde also um $\frac{86400}{50000} = 1{,}7$ Sekunden verkürzt; er ist aber nicht um $^1/_{100}$ Sekunde verkürzt worden. Somit ist

auch die Verminderung der Erdwärme seit 2000 Jahren nicht so gross, wie vorhin angenommen wurde.

92. Stabilität, andere Ursachen. Für die Stabilität sprechen noch folgende Eigenschaften des Planetensystems. Wenn man die Bewegungen der Planeten von Westen nach Osten, fast in derselben Ebene, und die Bewegungen der Trabanten, deren Rundbahn mit der Achsendrehung zusammenfällt, näher betrachtet, so findet man heraus, dass 20000 Milliarden gegen 1 zu wetten ist, dass sie nicht zufällig so geworden sind.

Eine andere, ebenfalls merkwürdige Erscheinung des Sonnensystems ist die geringe Exzentrizität der Planeten- und Trabantenbahnen, während die Kometenbahnen sehr langgestreckt sind. (Die Juno hatte unter den damals bekannten Planeten die grösste Exzentrizität und der Biela'sche Komet unter den damals bekannten Kometen die geringste, erstere betrug $^1/_4$ der halben grossen Achse, letztere $^3/_4$.) Es hat also unser Sonnensystem keine Mittelstufen zwischen grosser und kleiner Exzentrizität.

Aehnlich ist es mit der Neigung der Planetenbahnen gegen die Ekliptik oder vielmehr den Sonnenäquator, während sie bei den Kometen von 0—180° geht.

Die vorher erwähnte Uebereinstimmung in der Dauer des Rundganges und der Achsendrehung wird zur Unterstützung der Hypothese benutzt, dass alle Planeten und Satelliten zuerst flüssig oder luftförmig gewesen und deswegen abgeplattet worden seien. Es habe der Radius des Nebenkörpers, welcher gegen den Hauptkörper gerichtet gewesen, sich allmälig verlängert, wie man durch Rechnung zeigen könne. Dadurch seien mit der Zeit die Schwankungen immer kleiner geworden und endlich ganz verschwunden.

Welches auch die Ursache sei, so viel bleibe sicher, dass die einzelnen Elemente des Planetensystems so geordnet seien, dass es der grössten Stabilität geniesse, wenn nicht fremde Ursachen störend einwirken. Dieses System schwinge um einen mittlern Zustand, von dem es sich nur wenig entferne. Alle grössern Ungleichheiten, fährt Laplace fort, sind eben periodisch. Die beträchtlichsten sind jene, welche die Mondbewegungen in Bezug auf Erdnähe, auf die Knoten und auf die Sonne betreffen. Sie betragen mehrere Umlaüfe im Jahrhundert; aber nach einer grossen Zahl von Jahrhunderten gleichen sie sich wieder aus. Das früher an-

geführte Verhältnis in der Länge der 3 ersten Jupitertrabanten hat zur Folge, dass die mittlere Bewegung des ersten derselben mehr zweimal diejenige des dritten gleich dreimal diejenige des zweiten ist.

In Folge der allgemeinen Anziehung ist die Grösse des Jahres auf jedem einzelnen Planeten beinahe immer dieselbe. Die Aenderung in der Schiefe der Bahn zum Aequator, in enge Grenzen eingeschlossen, kann nur leichte Modifikationen in der Temperatur der Jahreszeiten mit sich bringen.

So sind die Unveränderlichkeit der Pole der Erde auf ihrer Oberfläche und diejenige des Gleichgewichts ihrer Weltmeere, welche beide für die Erhaltung der organischen Wesen so notwendig sind, nur das einfache Ergebnis der Achsendrehung und der allgemeinen Schwere.

In Folge der Schwere haben sich die dichtesten Schichten der Erde dem Mittelpunkt am meisten genähert, so dass die mittlere Dichtigkeit die des Wassers übertrifft, das sie bedeckt. Das reicht hin, um die Unveränderlichkeit im Gleichgewicht der Meere zu sichern und um der Wut der Wellen einen genügenden Zaum anzulegen.

Ein Hauptgrund der Stabilität ist auch das jeweilige Uebergewicht eines Hauptkörpers über seine Nebenkörper, die Sonne ist viel hundertmal grösser als die übrigen Glieder des Systems, die Erde über 50 mal grösser als der Mond, Jupiter 6000 mal so gross als seine Monde (Exp. d. Welts. IV, 8.)

93. Die Libration des Mondes. In Folge seiner Achsendrehung ist der Mond an seinen Polen ein wenig abgeplattet; aber die Anziehung der Erde hat die gegen diesen Planeten gerichtete Achse verlängern müssen. Wenn der Mond gleichartig und flüssig wäre, so würde er, um im Gleichgewichte zu sein, die Gestalt eines Ellipsoides annehmen, dessen kleinste Achse durch die Rotationsachse ginge, die grösste Achse wäre gegen die Erde gerichtet und in der Ebene des Mondäquators, die mittlere Achse aber wäre in derselben Ebene senkrecht auf die beiden andern Achsen. Der Ueberschuss der grössten Achse über die kleinste wäre viermal grösser als derjenige der mittlern Achse über die kleinste und betrüge ungefähr $\frac{1}{27640}$, wenn die kleine Achse als Einheit angenommen wird.

Wenn die grosse Achse des Mondes ein wenig von der Richtung des Leitstrahls abweicht, welcher seinen Mittelpunkt mit demjenigen der Erde verbindet, so muss die irdische Anziehung diese Achse gegen den Leitstrahl zu bringen versuchen, wie die Schwere ein Pendel zur Scheitellinie bringt. Insofern die Rotationsbewegung dieses Satelliten ursprünglich schnell genug gewesen wäre, um diesen Zug zu überwinden, so hätte die Dauer seiner Achsendrehung nicht vollständig mit derjenigen seines Rundganges übereingestimmt und wegen dieses Unterschiedes hätten wir allmälig alle Punkte seiner Oberfläche gesehen. Aber da von Anfang an die Achsendrehung und der Rundgang des Mondes beinahe dieselbe Winkelgeschwindigkeit zeigte, so hat die Kraft, mit welcher die grosse Mondachse sich von ihrem Leitstrahl entfernte, nicht hingereicht, um das Streben derselben Achse gegen diesen Leitstrahl zu überwinden, welches Streben von der irdischen Schwere herkam, die diese Bewegungen haarscharf gleich machte, ähnlich wie ein Pendel, das mit einer sehr kleinen Kraft von der Scheitellinie abgelenkt wird, unaufhörlich zu ihr zurückkehrt, indem es nach beiden Seiten kleine Schwingungen macht, wie die grosse Achse des Mondsphäroids nach jeder Seite des mittlern Leitstrahls seiner Bahn schwingen muss. Daraus entsteht eine Drehung, deren Grösse von dem ursprünglichen Unterschied der Winkelgeschwindigkeit der Achsendrehung und des Rundganges unsers Mondes abhängt. Diese Schwankung ist sehr klein, weil man sie durch die Beobachtung noch nicht nachgewiesen hat.

Man sieht also, dass die Theorie der Schwere befriedigend die genaue Gleichheit der beiden mittlern Winkelgeschwindigkeiten des Mondes erklärt. Jeder Wahrscheinlichkeit zuwider liefe die Annahme, dass diese beiden Bewegungen von Anfang an vollständig gleich gewesen sind; aber zur Erklärung dieser Erscheinung reicht es hin, dass ihr ursprünglicher Unterschied sehr klein gewesen sei, und dann hat die Anziehung der Erde die volle Gleichheit bewirkt, wie man es beobachtet.

Da die mittlere Bewegung des Mondes grossen, sekulären Ungleichheiten unterworfen ist, die auf mehrere Umlaüfe anwachsen, so ist klar, dass dieser Satellit, wenn seine mittlere Achsendrehung vollständig gleichförmig wäre, kraft jener Ungleichheiten allmälig der Erde alle Punkte seiner Oberfläche zeigen würde, seine Scheibe würde sich in unmerklichen Schattirungen ändern,

sowie diese Ungleichheiten sich entwickelten; dieselben Beobachter würden ihn beinahe immer gleich sehen, und er erschiene nur merklich verändert solchen Beobachtern, welche mehrere Jahrhunderte von einander abstehen. (Expos. d. Weltsyst. IV, 14.)

94. Weitere Eigentümlichkeiten des Mondes. Aber die Ursache, welche zwischen der mittlern Achsendrehung und dem mittlern Rundgang des Mondes eine vollständige Gleichheit bewirkt hat, nimmt den Erdenbewohnern für immer die Hoffnung, die uns abgewandte Seite des Mondes zu sehen. Die irdische Anziehung, welche die grosse Mondachse unaufhörlich gegen uns bringt, lässt die Achsendrehung an den sekulären Ungleichheiten des Rundganges teilnehmen und richtet beständig der Erde dieselbe Halbkugel zu. Die gleiche Theorie muss auf alle Satelliten ausgedehnt werden, bei welchen man die Uebereinstimmung der Achsendrehung und des Rundganges um ihren Planeten beobachtet hat. Das eigentümliche Zusammenfallen der Knoten des Mondäquators und der Mondbahn ist ebenfalls eine Folge der Anziehung der Erde. Das hat Lagrange zuerst gezeigt mit einer schönen, analytischen Gleichung, welche ihn zu einer vollständigen Erklärung aller am Mondsphäroid beobachteten Bewegungen geführt hat. Die Ebenen des Mondäquators und der Mondbahn und die Ebene, welche durch den Mittelpunkt des Mondes parallel zur Ekliptik gezogen wird, haben aüsserst nahe denselben Durchschnitt. Ich (Laplace) habe erkannt, dass die sekulären Bewegungen der Ekliptik weder das Zusammenfallen der Knoten dieser 3 Ebenen, noch ihre mittlere Neigung ändern, welche die Anziehung der Erde beständig gleich erhält. Wir wollen hier bemerken, dass die vorhergehenden Erscheinungen sich nicht mit der Hypothese vertragen, nach welcher der Mond, ursprünglich flüssig und aus Schichten von beliebiger Dichtigkeit gebildet, die Gestalt angenommen hätte, welche ihrem Gleichgewicht zusagt. Dieselben zeigen zwischen den Achsen des Mondsphäroids grössere Verschiedenheiten, als bei dieser Hypothese stattfinden. Die hohen Berge, welche man an der Oberfläche des Mondes beobachtet, haben jedenfalls auf diese Erscheinungen einen sehr merklichen und um so grössern Einfluss, da seine Atmosphäre sehr gering und seine Masse unbeträchtlich ist.

Wenn die Natur die mittlern Bewegungen der Weltkörper bestimmten Bedingungen unterwirft, so sind diese Bewegungen

immer von Schwingungen begleitet, deren Grösse willkürlich ist. So wird die Gleichheit der mittlern Bewegungen der Achsendrehung und des Rundganges beim Monde von einer wirklichen Libration dieses Satelliten begleitet. Auf ähnliche Weise ist das Zusammenfallen der mittlern Knoten des Mondäquators und der Mondbahn von einer Schwankung der Knoten dieses Aequators um diejenigen der Bahn begleitet. Diese Schwankung ist sehr klein, da sie ja bisanhin der Beobachtung entgangen ist. Man hat beobachtet, dass die Libration der grossen Mondachse der 3 ersten Satelliten Jupiters unmerklich ist. Es ist sehr merkwürdig, dass diese Librationen, deren Grösse willkürlich ist und beträchtlich sein könnte, doch sehr klein sind, was man denselben Ursachen zuschreiben kann, welche von Anfang die Bedingungen festgestellt haben, von denen sie abhangen. Aber in Bezug auf die willkürlichen Grössen, welche mit der ursprünglichen Achsendrehung der Weltkörper zusammenhangen, ist die Annahme natürlich, dass ohne fremdartige Anziehung alle ihre Teile kraft der Reibung und des Widerstandes, die sie ihren gegenseitigen Bewegungen entgegenstellen, mit der Zeit einen bleibenden Zustand des Gleichgewichtes angenommen hätten, der nur mit einer gleichmässigen Drehung um eine unveränderliche Achse bestehen kann, so dass die Beobachtungen in dieser Bewegung nur noch die Ungleichheiten zeigen können, welche von der Anziehung herrühren. Das findet statt für die Erde, wie man sich durch die genauesten Beobachtungen versichert hat. Dasselbe Ergebnis erstreckt sich auf den Mond und wahrscheinlich auf alle Weltkörper.

Wenn der Mond irgend einen Kometen angetroffen hat (was nach der Möglichkeitstheorie in der unendlichen Spanne der Zeiten begegnet sein muss), so mussten seine Massen von aüsserster Kleinheit sein; denn der Anprall eines Kometen, der nur $\frac{1}{100000}$ der Erde wäre, hätte die wirkliche Libration dieses Satelliten deutlich zeigen müssen. Diese Betrachtung (wie ähnliche, schon früher erwähnte) kann die Astronomen beruhigen, welche befürchten, dass die Elemente ihrer Tafeln durch jene Weltkörper ververändert werden könnten. (Expos. d. Weltsyst. IV, 14.)

95. Unterschied zwischen Kant und Laplace. Kant meint, bei grösserm Sonnenabstand müssen die Planeten grösser werden; Laplace erwähnt dessen nicht.

Kant glaubt, die grössern Weltkörper können sich Stoff aneignen auf Unkosten ihrer kleinern Nachbarn; Laplace verwirft diese Annahme.

Kant gibt einen Anhaltspunkt für die Bewegung der Fixsterne (Milchstrassensystem); er spricht auch wiederholt von der Möglichkeit, dass jenseits des Saturns (der damals der aüsserste bekannte Planet war) noch Planeten vorkommen, welche Mittelstufen zwischen den Kometen und Planeten seien. Laplace sagt vom Uranus, welcher zu seiner Zeit der aüsserste bekannte Planet war (Expos. d. Welts. I, 9): Wenn man über die Entfernung des Uranus nach der langsamen Bewegung urteilt, so muss er an der Grenze des Planetensystems sein.

Kant erklärt die Kometen ausdrücklich als Glieder unsers Sonnensystems, und nicht als eine besondere Gattung von Weltkörpern, sondern als eine Stufe vom Geschlecht der Planeten. Laplace muss sie — schon um der Stabilität des Sonnensystems willen — ursprünglich andern Weltsystemen zuteilen, von denen aus sie ihre Irrfahrten auf Nimmerwiederkehren antreten, und doch war zu seiner Zeit der Halley'sche Komet richtig zurückgekehrt und hatten sich andere Kometen als periodisch erwiesen.

Kant findet, die Sonne und die Kometen bestehen aus den feinsten Stoffen, die seinerzeit im Gebiet unsers Sonnensystems schwebten, die Planeten aus um so dichterm Stoffe, je näher sie dem Hauptkörzer stehen. Laplace aüssert sich nicht bestimmt über eine derartige Gesetzmässigkeit.

Kant leitet die innere Notwendigkeit der einheitlichen Rundbahn und Achsendrehung der Weltkörper unsers Sonnensystems aus dem ganzen Weltengetriebe ab. Er braucht keinen ersten Anstoss und erklärt sogar die schnellere Rotation der Riesenplaneten. Die Anziehung allein bewirkt bei ihm die ursprüngliche Bewegung der Stoffteilchen und vereinigt sie allmälig in eine Hauptebene. Laplace geht dagegen von der Sonnenatmosphäre aus, welche in Folge ausserordentlicher Hitze ursprünglich weit über die aüssersten Planetenbahnen sich erstreckte und welche einerseits durch Abkühlung sich zusammenzog und anderseits durch die Schwere sich der Aequatorebene näherte, wodurch Zonen und Ringe mit einheitlicher Lage und Bewegung entstanden.

Kant lässt den Ring Saturns vom Hauptkörper abspringen und in ferner Zukunft wieder mit ihm vereinigen; nach Laplace

ist der Ring die aüsserst selten auftretende Vorstufe zu einem Satelliten.

Kant behauptet, dass im Mittelpunkt der erste Weltkörper eines Systems sich ausbilde und von da aus die Weltenbildung nach allen Seiten allmälig stattfinde. Ebenso soll von einem mittlern Sternsystem die Weltenbildung nach allen Seiten sich allmälig erstrecken bis zur Unendlichkeit, und werde einst in gleicher Weise der Untergang des Weltgebaüdes vor sich gehen. Laplace lässt die durch Abkühlung zusammengezogenen, konzentrischen Ringe der ursprünglich sehr ausgedehnten Sonnenatmosphäre schneller kreisen, wodurch je der aüsserste Ring abgeschleudert wird, um sich zum selbständigen Weltkörper auszubilden. Er gibt keine Vergänglichkeit der Welten zu, sondern beweist die Stabilität.

Kant bespricht die Bewohnbarkeit der Planeten, die körperlichen und geistigen Anlagen der jetzigen oder künftigen Bewohner mehrerer Planeten. Laplace berührt dieses Thema nicht.

Dieser Vergleich, der noch bedeutend vermehrt werden könnte, zeigt genügend, wie verschieden die Theorien von Kant und Laplace sind, und dass es unverantwortlich ist, von einer Kant-Laplace'schen Theorie zu reden.

Kapitel 9.

Die Fortschritte der Astronomie seit dem letzten Quartal des 18. Jahrhunderts.

96. Hochschulen, Akademien und Sternwarten. Ich will vorerst die frühere Liste der Hochschulen einigermassen vervollständigen. Nachdem die Stadt Leyden heldenmütig die Qualen der Belagerung ausgehalten, wurde ihr 1575 eine Universität geschenkt, welche ein Hort der nationalen und geistigen Freiheit Hollands werden sollte. Später kamen noch die Hochschulen Gröningen (1614) und Utrecht (1636) hinzu. Edinburg erhielt eine Hochschule 1584, Dublin 1591, Lund (im südlichen Schweden)

1668. Früher war das Lateinische die übliche Kathedersprache; es wurde im 18. Jahrhundert als solche von den Landessprachen verdrängt. In Deutschland ging in diesem Punkte die Universität Halle voran, gegründet 1694, wo Thomasius (1655—1728) durch seine Vorlesungen in deutscher Sprache bahnbrechend wirkte. Als Königin unter den deutschen Universitäten galt von ihrer Gründung (1737) bis an den Schluss des Jahrhunderts Göttingen. Wie seinerzeit die blutigen Glaubenskriege die Entwicklung der Wissenschaft hemmten, so taten es nicht minder die Revolutionskriege um den Anfang unsers Jahrhunderts. Immerhin kann die Neuzeit stolz sein auf die Förderung der höchsten Lehranstalten. Es wurden neue gegründet in Dorpat (1802), Berlin (1809), Christiania (1811), Lüttich und Gent (1816), London (1826), Petersburg (1819) und Helsingfors (1828), ferner in Moskau, Kasan, Charkow; in Zürich (1833), Bern und Löwen (1834), Kiew (1842), Odessa (1864), Strassburg (1872), Czernowitsch (1875), Stockholm, Bukarest. Italien besitzt 23 Universitäten, von denen ausser den 2 früher genannten besonders hervorzuheben sind: Rom, Turin, Pavia, Bologna, Palermo und Pisa. Frankreich besitzt eine grosse Menge höherer Spezialschulen, die je einige Fakultäten haben. Reikjavik auf Island erhält 1885 eine Hochschule.

Ein Massstab des geistigen Lebens sind auch die gelehrten Körperschaften, Akademien. Im 18. und 19. Jahrhundert wurden gegründet diejenigen von Berlin (1700), Petersburg (1725), Stockholm (1739), Göttingen (1750), München und Turin (1759), Boston (1783), Edinburg (1788), Amsterdam (1812), Moskau (1829), Brüssel (1835), Leipzig (1846), Wien (1848), Kopenhagen, Madrid u. s. w.

Einen besondern Aufschwung der Himmelskunde beweisen die Sternwarten, deren es mehr als 200 hat, welche in verschiedenen Breiten und in allen Erdteilen verteilt sind.

Deutschland hat vorzügliche Sternwarten in Berlin, Leipzig, Bonn, Königsberg, Göttingen, Hamburg, München, Altona, Jena, Marburg, Lübeck, Strassburg, Gotha, Breslau, Danzig, Kiel etc.

Oesterreich hat Sternwarten in Wien, Prag, Kremsmünster und Krakau.

Italien in Neapel, Florenz, Mailand, Rom, Padua und Turin.

Leo XIII. errichtet in seiner Geburtsstadt Carpinetto ein Observatorium.

Frankreich erfreut sich der Sternwarten von Paris, Marseille, Toulouse, Bordeaux, Lyon, Algier und Besançon. Letztere dient den Zwecken der Uhrenindustrie. In Nizza besteht eine Sternwarte aus Privatmitteln.

Die Schweiz hat Sternwarten in Zürich, Bern und Genf.

Grossbritanien in Greenwich, Armagh, Edinburg, Glasgow, Oxford, Dublin, Liverpool, Cambridge, sogar im fernen Kapstadt und im heissen Madras. Ueberdies besitzt es viele wichtige Privatsternwarten, u. a. eine in Malta.

Belgien hat in Brüssel eine vorzügliche Sternwarte.

Die Niederlande weisen Sternwarten auf in Leyden u. Utrecht.

Dänemark hat eine Sternwarte in Kopenhagen.

Schweden und Norwegen haben solche Anstalten in Stockholm, Christiania, Upsala, Bergen und Lund.

Russland kann stolz sein auf die Sternwarten Pulkowa, Dorpat, Kasan, Helsingfors, Nikolajew, Moskau, Kiew u. Warschau.

Griechenland hat eine Sternwarte in Athen.

Spanien hat treffliche Observatorien in Madrid und Cadix.

Portugal besitzt eine Sternwarte in Lissabon.

Amerika ist für die Astronomie auch in die Schranken getreten. Es hat Sternwarten in Cincinnati, Washington, New-York, Albany, Ann Arbor, Cambridge, Chicago, Clinton, Hudson, Philadelphia, sämtlich in den Unionsstaaten; ferner in Santiago (Chile), Cordova (Argentinien) u. s. w.

Asien hat nur wenige einheimische Sternwarten aufzuweisen, z. B. die kaiserliche Sternwarte in Peking, die Sternwarte beim Kap Komorin, welche vom Rajah von Trevandrum gegründet wurde.

Australien hat Sternwarten in Melbourne und Parramatta.

Während die Hochschulen und Akademien bestimmt sind, mit ihrem geistigen Lichte die Finsternis der Unwissenheit und Verschrobenheit zu erhellen, sollen die Sternwarten aus der feinen Lichtschrift der fernen Weltkörper die erhabenen Nachrichten der grossen Weltzeitung in eine Weltsprache übersetzen. Die glücklichen Diener des Lichtes!

97. Physik, Chemie, Verkehr u. s. w. Es sind vorerst 3 Männer des 18. Jahrhunderts zu nennen, welche alten Einrichtungen eine ungeahnte Vervollkommnung gaben und neue Gebiete eröffneten: Watt, der Erfinder der Dampfmaschine (1764), Lavoi-

sier, welcher das Wasser in seine Elemente schied (1783) und Galvani, der Entdecker der Kontaktelektrizität (1791). Ihre Wirksamkeit brachte die Umgestaltung und Mannigfaltigkeit der Industrie, eine fabelhafte Geschwindigkeit des Verkehrs und damit die Bequemlichkeit des bürgerlichen Lebens bis in tausend Einzelheiten hinein.

Das Gewerbe bemächtigte sich der Dampfmaschine zur Herstellung der verschiedenen Kleidungsstoffe; der Spinn- und Webstuhl, die Zeugdruckmaschine wurden demgemäss verbessert; Handel und Verkehr nahmen die Dampfmaschine in den Dienst als Transportmittel zu Wasser und zu Land. Edgeworth erfand 1778 die Eisenbahn, Fulton 1807 das Dampfschiff, Stephenson 1829 die Lokomotive. Berge wie der Hauenstein, Mont Cenis, Gotthard, Arlberg wurden durchbohrt; Landengen wie Suez durchstochen; Täler oder Busen überbrückt (New-York-Brooklyn), um bequeme Anschlüsse zu erzielen. Nur eine einzige Vergleichung: Fernando Magelhaens fuhr bei seiner Weltumseglung am 10. August 1519 von Sevilla ab, und das einzige seiner 5 Schiffe kehrte am 7. September 1522 wieder nach Spanien zurück. Seit einigen Jahren besteht ein regelmässiger Anschluss von Eisenbahnen und Dampfschifflinien um die Erde herum und man macht die Fahrt von London nach New-York in 9 Tagen, nach San Franzisko über die Pacificbahn in weitern 6 Tagen, von da nach Jokohoma in weitern 22, dann nach Hongkong in 7, nach Singapore in 5 Tagen, nach Ceylon in 7, nach Suez in 15, nach Brindisi in Unteritalien in 4, nach London in 2 weitern Tagen. Unter günstigen Verhältnissen wurde die ganze Fahrt damals in 68 Tagen ausgeführt und ist seitdem wieder einigermassen abgekürzt worden.

Die Neuerungen auf dem Gebiete der Chemie waren eben so durchschlagend; aber sie können mit wenig Worten nicht genugsam hervorgehoben werden. Es wird nur erinnert an die künstliche Herstellung der Soda von Leblanc (1789), an die photographischen Bilder von Wedgeworth und Davy (1803), an die Gasbeleuchtung (in Deutschland von Lampadius in Freiburg 1816), an die Perkussionsgewehre von Forsythe (1807), an die Streichhölzchen (1833), an den Fleischextrakt von Liebig (1865), an die Anilinfarben u. s. w.

Welche wichtige Rolle spielt endlich die Elektrizität. Ich will nur einige Stufen des Entwicklungsganges anführen. 1820

entdeckt Oersted den Elektromagnetismus, 1833 errichten Gauss und Weber die ersten Telegraphen, 1837 benutzt Steinheil die Erde zur Leitung, 1847 macht Jakobi das elektrische Licht dienstbar, 1850 wird das erste unterseeische Kabel (von Dover nach Calais) gelegt, 1861 stellt Reiss in Frankfurt das Telephon her.

Dieser Um- und Aufschwung kommt auch den Hülfsmitteln der Astronomie zu gute. Welche Bedeutung haben die verbesserten Chronometer, die stärkern Refraktoren u. s. w., ferner das Foucault'sche Pendel (1850), die Frauenhofer'schen Linien (1815) und die Spektralanalyse von Kirchhoff und Bunsen (1860) und die Photographie.

98. Die Fixsterne. Die Aichung oder Schätzung der Anzahl der Sterne wurde systematisch durchgeführt von Wilhelm Herschel (1738 in Hannover — 1822 in Windsor); die Zone zwischen 45° nördlicher Deklination und 30° südlicher Deklination ergab 6 Millionen Sterne, der ganze Himmel 20 Millionen. John Herschel führte das Werk auf der südlichen Halbkugel fort, wo übrigens in neuester Zeit eine grosse Rührigkeit herrscht (Pogson in Madras, Ellery in Melbourne, Gould in Cordova-Argentinien, Maclear am Kap). Bessel und Argelander widmeten sich diesen Aichungen mit dem Mittagfernrohr. Letzerer veröffentlichte ein Verzeichnis der Sterne der nördlichen Himmelskugel bis zur 9. und teilweise 10. Grösse. Nach Littrow sind zwischen der 1. und 2. Grösse 10, zwischen der 8. und 9. schon 58095 Sterne angegeben.

Die scheinbare Lichtstärke wurde durch Steinheil'sche Photometer und Zöllner'sche Astrophotometer bestimmt. Die Arbeiten Argelander's waren bahnbrechend.

Die fortschreitende Bewegung der Fixsterne wurde von W. Herschel erkannt, auch von Prevot und Piazzi. Ersterer glaubte, diese Bewegung könnte daher rühren, dass unser Sonnensystem sich einem Stern im Herkules nähere. Mädler (1791 Berlin — 1874 Hannover) suchte den Mittelpunkt dieser Bewegung in den Plejaden (Siebengestirn), was andere Astronomen, wie Doppler, Secchi, Huggins, ebenfalls unterstützten. Im Anschlusse an diese Bewegung suchte man eifrig nach einer Parallachse der nächsten Fixsterne. Die bisherigen Untersuchungen ergaben Alpha Centaur als den nächsten Fixstern und 61 Schwan als den zweitnächsten. Eine Sternweite beträgt in runder Zahl 200000 Sonnenweiten oder

4 Billionen Meilen. Während also das Licht in 8 Minuten 10 Sekunden von der Sonne zu uns gelangt, braucht es vom nächsten Fixstern mehr als 3 Jahre. Und von den entfernten Fixsternen? — Der Himmel, sagt J. J. Littrow, ist eine Zeitung, die uns Nachrichten aus allen Gegenden des Weltalls bringt. Je entfernter die Gegend, desto älter die Nachricht. — Bessel (1784 Minden — 1846 Königsberg) hat diese Frage durch seinen Scharfsinn besonders gefördert, daneben Brinkley, Pond, Arago, Mathieu, Faye, Lindenau, Schlüter, Klüger, Peters, Johnson, Wilhelm Struve, Otto Struve, Henderson, Maclair, Gylden, Rümker, Winnecke, Savary u. A.

Eine prächtige Erweiterung der Himmelskunde ergab die Erforschung der doppelten und mehrfachen Sterne. Wilhelm Herschel fand 269 Doppelsterne, John Herschel vermehrte sie, auch James South (1785—1867). Wilhelm Struve (1793 Altona — 1864 Petersburg) beobachtete 2640 Sternsysteme. Auf diesem Gebiet zeichneten sich weiter aus Dawes, Miller, Fletscher, Smith, Powell, Dembowsky, Bessel, Otto Struve; ferner bei der Berechnung der Doppelsternbahnen Savary, Enke, Klinkerfues, Flammarion, Winnecke.

Die Sternspektren ergaben ungeahnte Aufschlüsse über Stoffe, Farben, Typen u. dgl. In erster Reihe stehen in diesem Fache Miller (1817 Ipswich — 1870 Liverpool), Huggins (geb. 1824 in London), Secchi, d'Arrest, Lockyer, Janssen.

Für die veränderlichen Sterne bekam man einen neuen Anhaltspunkt; Argelander machte eine grosse Zahl bekannt. Für die Gesetze der periodischen Veränderung waren besonders tätig Heis, Schmidt, Schönfeld, Krüger u. A.

Dem Funkeln der Sterne wurde früher schon grosse Aufmerksamkeit geschenkt und gefunden, dass auf dem Gipfel sehr hoher Berge, z. B. des Aetna, das Licht der Fixsterne so ruhig wie dasjenige der Planeten. Aber erst das Spektroskop erklärt die Erscheinung genügend.

99. Die Nebelflecken. Mit blossem Auge sieht man am Himmel verwaschene Stellen, die Plejaden, die Hyaden, in der Andromeda, im Orion. Durch das Fernrohr werden diese Gebilde gewöhnlich in zahlreiche Sterne oder in bestimmte Nebelflecken zerlegt; oft zeigen sich Sternhaufen, deren einzelne Glieder ziemlich gleich gross sind, zuweilen findet man einen Stern oder mehrere

Sterne mitten in diesen Haufen. Diese grössern Sterne sind entweder Doppelsterne oder sie zeichnen sich durch rote Farbe aus. Die Gruppen erscheinen im Ganzen kreisförmig, wenn ihre einzelnen Sterne schon weiter vorgeschritten sind. Sie haben aber unregelmässige Grenzen und laufen oft in Zweige und Arme aus, wenn sie eher verwaschene Teile besitzen. Bisweilen sind Tausende von Sternen zu einer Gruppe vereinigt, gegen deren Mittelpunkt sie merklich an Dichtigkeit zunehmen; ein Beweis, dass sie ein symmetrisches Ganzes bilden.

Daneben zeigen sich wirkliche Nebelflecken in allen Grössen und Formen, von mehreren Graden bis zu wenigen Sekunden, von runder und elliptischer Gestalt bis zu gänzlicher Regellosigkeit und Unförmlichkeit. Oft kann man diese Flecken noch teilweise in kleine Sterne auflösen.

Wilhelm Herschel wandte sich mit seinem Riesenteleskop diesen wunderbaren Gebilden zu und veröffentlichte 1786 einen Katalog von 1600 Sternhaufen und Nebelflecken; später vermehrte er die Zahl bis auf 2500, die er in 8 Klassen brachte. Sein Sohn John führte die Arbeit in Slough und am Kap weiter. Das Verzeichnis der in Slough beobachteten Gebilde enthält 2299 Nebelflecken und 152 Sternhaufen, dasjenige vom Kap (mit gleich mächtigen Instrumenten) 1239 Nebelflecken und 236 Sternhaufen.

Dieser Zweig wurde wesentlich gefördert durch Lord Rosse, Lamont, Bessel, Bond, Otto Struve, Secchi, d'Arrest, Rümker, Schönfeld, Vogel u. A.

Die Spektralanalyse der Fixsterne und der Nebelflecken hat vorlaüfig folgende Gesetze ergeben: Die Fixsterne haben die grösste Aehnlichkeit mit der Sonne, und zeigen 4 Haupttypen, die wahrscheinlich von den Bestandteilen und der verhältnismässigen Grösse der Atmosphäre herrühren. Die wirklichen Nebelflecken bestehen aus glühendem Gasgemenge, ähnlich den Kometenkernen, nicht aber den Kometenschweifen. Die Sterne in derselben Himmelsgegend zeigen meistens die gleichen spektroskopischen Erscheinungen. Bei den leuchtenden Weltkörpern spielt fast durchweg der Wasserstoff die Hauptrolle; obgleich er nur in seltenen Fällen selbstleuchtend auftritt. Bei den veränderlichen Sternen ist der Wechsel der Lichtstärke mit Veränderungen in den Absorptionslinien ihrer Spektren begleitet. Die Eigenbewegung der Fixsterne ist spektroskopisch noch nicht erwiesen.

100. Die Milchstrasse. Jedermann kennt am Sternenhimmel die flimmernde Zone, welche den Namen Milchstrasse trägt. John Herschel hat die erste genaue Beschreibung derselben gegeben, welche sodann von Heis wesentlich verbessert wurde. Huygens hatte einen Teil der Milchstrasse in einzelne Sterne zerlegt. Wilhelm Herschel und Wilhelm Struve haben in diesem Sinne weitergewirkt. Immerhin zeigten sich bei spektroskopischer Vergleichung Spuren von hellen Linien, die von kosmischer Elementarmaterie herrühren müssen. Wright, Kant und Lambert haben ihre Weltsysteme auf die Milchstrasse gegründet, ebenso anfänglich Wilhelm Herschel. Dieser gab unserm grössern Sternsystem die Gestalt einer Linse, von deren Mitte unsere Sonne nicht erheblich abstehe, und an deren entferntem Rande wir durch Anhaüfung der Sterne den bekannten Flimmerschein bemerken. Später änderte er in verschiedenen Punkten diese Ansicht, die auch gar unwahrscheinlich ist. Denn die Milchstrasse zeigt nichts Symmetrisches.

Die Beobachtungen der beiden Herschel stellten fest, dass eine grössere Zahl von Sternhaufen in der Milchstrasse vorkommen, dass aber die Maxima der Haüfigkeit dieser Nebel keineswegs dorthin fallen.

Proctor erblickt in den Oeffnungen der Milchstrasse im Schwan und im südlichen Kreuz einen Beweis dafür, dass diese Sternschicht begrenzt ist und unser Auge über ihre Grenzen hinaus in den Raum vordringt.

Nach Secchi besteht die Milchstrasse aus einer Anhaüfung unendlicher Sterne, deren Ausdehnung und Dichtigkeit für uns in der Richtung des Schützen am grössten ist. Auch an der entgegengesetzten Stelle, in den Sternbildern Perseus und Kassiopeja erreicht sie noch eine bedeutende Tiefe. An den Punkten, deren Verbindungslinie senkrecht auf diesem Durchmesser steht, ist die Ausdehnung geringer.

Uebrigens ruht der Schleier des Geheimnisses noch auf manchem Punkte der Milchstrasse.

101. Die Sonne. Newton redet von einer feurigen, Kant von einer flammenden Sonne; Wilhelm Herschel macht die Ansicht geltend, dass die Oberfläche der Sonne wahrscheinlich dunkel sei

und darüber eine Photosphäre bestehe, die nach aussen helles Licht verbreite. Diese Ansicht fiel mit der Spektralanalyse.

1873 hat Zöllner folgende Theorie über die physische Beschaffenheit aufgestellt: Die Sonne ist ein glühend flüssiger Weltkörper, der von einer glühenden Atmosphäre umgeben ist, in welcher unaufhörlich sich erneuernde, leuchtende, kumulusartige Wolken sich bilden. An den Stellen, wo die Wolkendecke sich lichtet, entsteht vermehrte Ausstrahlung, was auf der glühend flüssigen Oberfläche schlackenartige Abkühlungsprodukte, für uns die Sonnenflecken, erzeugt.

Der Lichtstrahl zeigt die Spektrallinien derjenigen Urstoffe, von denen er stammt. Jeder der 63 bekannten Urstoffe hat ein Spektrum, das sich in Farbe, Zahl und Verteilung der Linien vor den übrigen unterscheidet. Die meisten Stoffe, die auf der Sonne glühen, kommen auf der Erde vor, ebenso in den Meteoren, welche auf die Erde fallen. Besonders zu erwähnen sind Wasserstoff, Sauerstoff, Eisen, Kupfer, Zink, Baryum, Natrium, Kalium, Calcium, Magnesium und Chrom.

Selbst die Sonne hat ihre Flecken. Das entdeckte Fabrizius, der damit die Achsendrehung der Sonne nachwies. Die Flecken sind am haüfigsten zwischen 10° und 30° Sonnenbreite, den sogenannten Königszonen, spärlicher am Aequator und am seltensten über 40° hinaus. Die erste auf die Spektralanalyse gegründete Erklärung der Sonnenflecken gab Kirchhoff, indem er sie als Wolken bezeichnete, welche in der glühenden Sonnenatmosphäre schwimmen. Zöllner aber deutete sie als Schlacken, die auf der glühend flüssigen Sonnenoberfläche umherschwimmen, weil nach seiner Meinung die grössern Flecken kraft der Bewegung, welche von der Achsendrehung der Sonne herrühre, auf der Atmosphäre in Streifen verzogen würden.

Bei totalen Sonnenfinsternissen erblickt man rings um den Mondrand die Korona oder den Lichtkranz, der gewöhnlich von roten, wolkenähnlichen Gebilden, den Protuberanzen, durchbrochen wird. Während die Grösse des Erddurchmessers (1718 Meilen) auf der Sonne unter einem Winkel von 17,8 Bogensekunden erscheint, sehen wir daselbst Protuberanzen von 2—3 Bogenminuten Höhe. Die mitspielende Materie wird mit furchtbarer Gewalt und erstaunlicher Schnelligkeit von der Sonnenoberfläche in die Höhe geschleudert. Seit dem Jahr 1868 beobachtet man die Erscheinung

täglich. Die Protuberanzen zeigen ferner, dass in der obern Region der Sonnenatmosphäre ein Windzug vom Aequator nach den Polen, und in der untern Region einer in entgegengesetzter Richtung geht, woraus sich entnehmen lässt, welche Wirbelstürme abwechselnd die mittlere Region bewegen müssen. Julius Schmidt konnte wahrscheinlich machen, dass die Basis der Protuberanzen von den Sonnenfackeln gebildet werde. Unter den neuern Beobachtern der Sonne sind besonders noch hervorzuheben Janssen (geb. 1824 Paris), Lockyer (geb. 1836), Respighi, Secchi (1818 bis 1880?), Spörer.

Die Flecken und die Protuberanzen der Sonne treten periodisch auf, bald sind sie sehr selten, bald ungemein zahlreich. Die Periode der Minima und Maxima umfasst im Mittel 11,11 $\pm$ 0,038 Jahre. Der Entdecker dieses wichtigen Gesetes ist Dr. Rudolf Wolf, Direktor der Sternwarte in Zürich (geb. 1818 in Fällanden). Diese Periode geht parallel mit derjenigen des Erdmagnetismus nach den Berechnungen von Fritz, Professor der Mathematik in Zürich (geb. 1830 in Bingen).

102. Uranus. Jahrtausende lang hatte das Menschengeschlecht nur 5 Planeten am Himmel beobachtet. Da entdeckte Wilhelm Herschel am 13. März 1781 den Uranus. Diese Entdeckung ist eines der denkwürdigsten Ereignisse in der Geschichte des Sonnensystems, dessen Grenzen sie um das Doppelte erweiterte. Der Entdecker lebte damals als Organist in Bath, im südlichen England. Den Tag durch ging er seinem Brode nach; aber den grössten Teil der Nacht widmete er dem schweren Studium der Mathematik und den Beobachtungen des Sternenheeres mit selbstverfertigten, vorzüglichen Fernröhren. Ein innerer Drang setzte ihn über die unsäglichen Schwierigkeiten hinweg; denn er gehörte zu dem kleinen Haüflein der Auserwählten, die mit eigenen Augen sehen wollen und sich selbständig heraufarbeiten. Bei seiner Aichung des Himmels stiess er am benannten Tage zwischen den Sternbildern des Stiers und der Zwillinge auf einen aussergewöhnlichen Stern 6. bis 7. Grösse, dessen Durchmesser messbar war. Als dieser Stern auch eigene Bewegung verriet, so erklärte ihn Herschel — ohne Schweif oder Nebelhülle zu bemerken — für einen Kometen. Der Gedanke an einen Planeten lag damals noch so fern wie zu den Zeiten der Astrologen, wo man keine Rolle

mehr für ihn zu vergeben gehabt hätte; auch die zünftigen Astronomen hielten an der Bezeichnung fest, bis die einlässlichsten Beobachtungen ihren Wahrspruch abgaben. Der Stern hatte nämlich eine mässige Ellipse, also eine ausgeprägte Planetenbahn und war in einer Entfernung, welche diejenige des stärksten, beobachteten Kometen um das Zehnfache übertraf. Herschel wurde von den gelehrten Gesellschaften mit Ehren überhaüft und von König Georg III. der Nahrungssorgen enthoben und ganz der Wissenschaft geschenkt.

Eine Durchsicht der Sternverzeichnisse ergab, dass der neue Planet, der später Uranus genannt wurde, im 17. und 18. Jahrhundert etwa 20 mal als Fixstern beobachtet worden war. So am 25. Sept. 1756 von Tobias Mayer, sogar 6 mal von Flamsteed, 12 mal von Lemonnier, 1 mal von Bradley. Freilich hatten diese Astronomen ungenügende Fernröhren. Nur Lemonnier hatte den Stern an 4 auf einander folgenden Abenden im Januar 1769 beobachtet, und ein einziger Blick auf die Zahlen seines Tagebuches hätte ihn zum Entdecker dieses Planeten gemacht. Diese Beobachtungen waren übrigens sehr wertvoll für die Bestimmung der Bahnelemente.

Uranus bewegt sich fast ganz in der Ebene der Erdbahn, seine Achsendrehung ist unbekannt. Man sieht ihn unter einem scheinbaren Durchmesser von 3,9 bis 4,7 Sekunden. Sein Rundgang dauert 84 Jahre. Ueber sein Trabantensystem herrschen verschiedene Ansichten. Nach Lassell in Malta hat Uranus vier Monde, deren siderische Umlaufszeit 2,520 Tage, 5,144 Tage, 8,706 und 13,463 Tage und deren Abstand vom Mittelpunkt ihres Hauptkörpers 0,00128, 0,00179, 0,00293 und 0,00392 Halbmesser der Erdbahn beträgt. Die gemeinsame Bahnebene dieser Trabanten ist um 97° 51′ gegen die Ekliptik geneigt.

103. Die Planetoiden. Am 1. Januar 1801, also am ersten Tage unsers Jahrhunderts, entdeckte Piazzi in Palermo (1746—1826) die Ceres. Eine Ungenauigkeit des Verzeichnisses, dessen er sich bediente, veranlasste ihn nämlich, den Ort einiger kleiner Sterne im Stier genauer zu bestimmen, und da fand er ein Sternchen 8. Grösse, das merkbar vorrückte. Wegen ungewohnter Neigung zur Erdbahn ging das Sternchen verloren. Da berechnete Gauss (1777—1855) besondere Ephemeriden und es

gelang Olbers (1758—1832), in der Nacht vom 1. zum 2. Januar 1802 die Ceres wieder aufzufinden. Am 28. März desselben Jahres fand Olbers die Pallas, die wie die Ceres im Mittel 57 Millionen Meilen von der Sonne absteht. Ihre Exzentrizität ist aber bedeutend grösser und die Neigung gegen die Erdbahn beträgt über 34 Grad. Harding in Lilienthal fand am 1. September 1804 die Juno in einer mittlern Sonnenentfernung von 55 Millionen Meilen, bei einer Exzentrizität von $^1/_4$ und einer Neigung von 13 Grad. Endlich fand Olbers am 29. März 1807 die Vesta.

Diese Sternchen stimmten überein in ihrem Sonnenabstand, in ihrer Kleinheit, ihrer grössern Exzentrizität und grössern Neigung. Man nannte sie Asteroiden oder Planetoiden.

Im Jahr 1845 fand Henke in Driesen die Asträa, 1847 die Hebe und in demselben Jahr der englische Astronom Hind die Iris und die Flora. Seitdem ist die Zahl der Planetoiden durch de Gasparis, Luther, Goldschmidt, Chacornac, Ferguson, Pogson, Tempel, Tuttle, Peters, d'Arrest, Watson, Borelli, Coggia, Prosper Henry, Paul Henry, Palisa, Perottin, Dr. Knorre u. A. auf 240 angewachsen. Den vorletzten hat Palisa in Wien am 18. August 1884 und den letzten Borrelley in Marseille am 27. August dieses Jahres entdeckt. Es werden noch viele nachfolgen.

104. Neptun. Als Bouvard 1821 seine Uranustafeln herausgab, sagte er ausdrücklich, dass nicht alle Elemente einheitlich seien. Später neigte man sich allgemein zu der Ansicht, ein unbekannter Planet müsse die Störungen des Uranus veranlassen. Urban Leverrier (1811—1877) suchte nach dem unbekannten Störefried. Da Uranus wenig in der Breite abwich; aber desto mehr in Länge und Leitstrahl, so schloss Leverrier, dass der Unterschied des unbekannten Planeten sich ebenso verhalte. Von 13 unbekannten Grössen hatte er 6 näherungsweise schon ermittelt; durch den vorstehenden Schluss fielen 4 weg. Es blieb noch die schwierige Frage: Ist der störende Planet diesseits oder jenseits des Uranus? Ist er diesseits, fuhr Leverrier fort, so ist er entweder dem Uranus nahe, oder in der Mitte zwischen diesem und Saturn. Im erstern Falle kann er ihn nur in der Konjunktion beträchtlich stören, im letztern Falle müsste er Saturn ebenso stark stören. Da beide Fälle nicht mit den Beobachtungen zutrafen, so musste der gesuchte Planet jenseits des Uranus sein. Steht er ihm nahe,

so wird die Konjunktion mit einem Maximum und die Opposition mit einem Minimum der Störung zusammentreffen. Wenn er aber entfernt ist, muss er selbst gross sein. Auf diese teilweise sinnreichen, teilweise glücklichen Wahrscheinlichkeiten übergab Leverrier der pariser Akademie eine Arbeit, welche die wesentlichsten Elemente des mutmasslichen Planeten enthielt. Zugleich schrieb er an Dr. Galle in Berlin, damit dieser mit einer neu bereinigten Karte nach dem ersehnten Planeten fahnde. Am 23. September 1846 kam der Brief an, noch am gleichen Abend wurde die bezeichnete Stelle des Himmels durchmustert und mit der Sternkarte verglichen. Es fand sich ein überzähliger und doch willkommener Gast. Nach einigen Stunden vermutete man eine Bewegung an ihm; am folgenden Abend wurde sie bestätigt: der Planet Neptun war entdeckt. Er zeigte sich unter 2,6 Sekunden. Er ist 80 mal grösser als die Erde und bewegt sich in ungefähr 165 Jahren einmal um die Sonne.

Lassell hat einen Neptuntrabanten gefunden, dessen siderische Umlaufszeit 5,877 Tage, und dessen Planetenabstand für uns 16,275 Sekunden beträgt.

105. Die alten Planeten. Laplace hatte den Planeten gleichsam ihre Bahnen angewiesen. Sein Werk wurde weitergeführt von Poisson (1781—1840), Plana (1781—1864), Hansen (1795—1874) und Leverrier. Poisson hat die Planetenbahnen auf meisterhafte Weise behandelt, Plana daneben noch die Mondbahn und Hansen überdies die gegenseitigen Störungen der Planeten Jupiter und Saturn. Besondere Erwähnung verdienen noch auf diesem Gebiete Airy (geb. 1801), Lubbock (1803—1865), Enke, Delaunay und Adams.

Es werde im Vorbeigehen noch an die hundert und hundert Einzelnheiten erinnert, die sich auf die Atmosphäre, auf die Oberfläche, auf die Abplattung, Achsendrehung, Neigung u. s. w. beziehen, und die sämtlich in der Neuzeit frisch bestätigt oder zum ersten Mal ermittelt wurden. Auch die Spektralanalyse erwies sich fruchtbar an den Planeten.

Ich will beispielsweise die Drehungen um die Planetenachsen erwähnen. Wie früher bemerkt, wusste man zu Kant's Zeiten die Umlaufszeit Saturns noch nicht. W. Herschel konnte mehrere Wochen einen scharfen Fleck auf diesem Planeten beobachten, der

eine Umlaufszeit von 10 Std. 16 Minuten, 0,4 Sekunden ergab. Hall in Washington sah im Dezember 1876 einen glänzenden Fleck von 2—3 Sek. Durchmesser, welcher eine Umlaufszeit von 10 Std. 14 Mt. 23,8 Sek. ergab.

D. Cassini bestimmte 1668 die Umdrehungszeit des Mars zu 24 Stunden 40 Minuten. W. Herschel zu 24 Std. 39 M. 21 S.; Beer und Mädler 1830 und 1832 zu 24 Std. 37 M. 23,7 S.; Linsser in Pulkowa 1862, bezogen auf das Resultat von Beer und Mädler, 24 St. 36 M. 22,9 S.; Professor Kaiser — mit Rücksicht auf die Bestimmungen von Huygens und Herschel — 24 Std. 37 M. 22,62 S.; endlich Schmidt in Athen 24 Std. 37 M. 22,6027 S.

Die Achsendrehung der Venus wurde 1666 von D. Cassini nach einem hellen Fleck nahe an der Beleuchtungsgrenze und am 28. April und 6. Juni 1667 durch weitere Flecken erkannt. Die Ortsveränderung dieser Flecken, welche von Süden nach Norden stattfanden, ergab eine Drehungszeit von 23 Stunden. Bianchini kam durch seine Beobachtungen in den Jahren 1726—28 auf eine Drehungszeit von 24 Tagen 8 Stunden, Schröter aus den Flecken und Veränderungen der Hörnerspitzen auf 23½ Stunden. W. Herschel kam zu keinem sichern Ergebnis, weil er die Flecken dem Dunstkreise des Planeten zuschrieb. Mädler kam 1836 zu einem ähnlichen Ergebnis wie Cassini. De Vico, welcher 1840—42 die Venus genau untersuchte und sogar die von Bianchini beschriebenen Flecken wieder zu erkennen glaubte, kam auf 23 Std. 21 M. 22 S. Die neuern Bestimmungen von Vogel und Lohse (1871—73) blieben ohne Erfolg, weil die Natur der Flecken veränderlich schien.

Schröter schloss aus der periodischen Abrundung des südlichen Hornes der Merkursichel auf eine Rotationsdauer des innersten Planeten von 24 Stunden 5 Minuten.

Zum Schlusse sei noch der 2 Marsmonde erwähnt, welche Professor Hall in Washington am 16. und 17. August 1877 entdeckte. Der innere hat eine Umlaufszeit von 0,31894 Tagen und für uns einen Bahnhalbmesser von 13,00 Sekunden; der aüssere eine Umlaufszeit von 1,2625 Tagen und einen Bahnhalbmesser von 32,50 Sekunden.

106. Die Erde. Die Neuzeit hat sich bemüht, Grösse, Gestalt und Dichtigkeit der Erde zu bestimmen und die Achsendrehungen durch direkte Beweise zu erhärten. Letzteres geschah

durch die Fallversuche von Guglielmini, Benzenberg und Reich, durch das Faucault'sche Pendel, durch Beobachtungen an Eisenbahnen, Strömen, Meereströmungen in der Nordsüdlinie. Die Grösse und Gestalt der Erde wurde durch neue umfassende Messungen von Breiten- und Längengraden bestimmt. Die französische Nationalversammlung (Antrag Talleyrand, 1791) suchte eine unveränderliche Grundlage für Mass und Gewicht; „eine Wohltat für alle Völker". Die neue Längeneinheit sollte der 10000000ste Teil des Erdquadranten sein; sie erhielt den Namen Meter. Zur Ermittlung der Länge des Erdmeridians wurde die Strecke Dünnkirchen-Perpignan vorerst bestätigt, dann südwärts nach Barzelona, später von Biot (1774—1850) und Franz Arago (1786—1853) bis nach Formentara und nordwärts bis nach Greenwich erweitert, wodurch 1808 ein Bogen von 12⅓ Grad bestimmt war, der später um weitere 10 Grad nordwärts bis zur Insel Unst verlängert wurde. In Indien wurden 26 Grade, in Russland (von Wilhelm Struve) 25 Grade gemessen, während die europäische Gradmessung unter General Baeyer jetzt noch in Tätigkeit ist. Auch Längengrade wurden gemessen, z. B. von Bordeaux nach Genf, über Mailand, Padua und Fiume, wobei die Anziehung der Berge sich geltend machte. Mit den Gradmessungen wurde auch die Länge des Sekundenpendels von Biot, Kater, Sabine, Bessel, Schmidt, Pouillet u. A. bestimmt.

Die Engländer haben als Längeneinheit den Yard, d. h. die Länge des Sekundenpendels in London. Es fehlte seinerzeit auch in der französischen Akademie nicht an Stimmen, welche die Längeneinheit nach dem Sekundenpendel richten wollten.

Nach den Arbeiten Bessel's ist die Erde ein Rotationsellipsoid, dessen beide Halbachsen 3272077,14 und 3261139,33 Toisen betragen, wodurch eine Abplattung von $^1/_{299}$ entsteht. Darnach erhielte der Erdquadrant 10000856 m Länge, was übrigens dem Metersystem keinen Eintrag tut.

Die Dichtigkeit der Erde wurde nach Ablenkung des Lotes von Maskelyne und Hutten, nach der Drehwage von Cavendish, Reich, Baily, Airy, Cornu, Baille u. A., nach der Münchenerwage von Jolly bestimmt und auf die nähern Weltkörper übertragen.

Erwähnung verdienen auch die zahlreichen Expeditionen der verschiedenen Länder, um die Marsopposition von 1862 (Winnecke und Stone), die Venusdurchgänge von 1874 und 1882, ferner totale

Sonnenfinsternisse zu beobachten und für die Wissenschaft fruchtbringend zu machen.

Eine besondere Anerkennung verdienen ferner die Expeditionen, welche die Erforschung der polaren Gegenden zum Zwecke hatten, z. B. die österreichische Nordpolexpedition unter Payer und Weyprecht, die nördliche Durchfahrt der Vega unter Nordenskjöld u. s. w.

Auch muss der Arbeiten gedacht werden, welche von Laplace Lubbock, Whewell und Ferrel über die Gezeiten oder Tiden geliefert wurden. In diese Zeit fällt auch ein wunderbarer Aufschwung der Geologie, deren Resultate in der Zukunft die Kenntnis der Weltköper ausserordentlich erschliessen wird. Laplace und Littrow waren noch nicht gut auf diese Wissenschaft zu sprechen, welche jedes Jahr mit neuen Hypothesen auftrat. So sagt Littrow bei Gelegenheit des ursprünglichen Stosses, welchen die Erde erhalten haben sollte: Diese Tafel mag den allzeit fertigen Geologen Stoff zu neuen Hypothesen geben. — Heutzutage ist die Geologie eine der solidesten Wissenschaften und ihre Hauptvertreter (Leopold von Buch (1774—1853), Elie de Beaumont, Charles Lyell) verdienen hohen Ruhm.

Zum Schlusse sei noch der verschiedenen Methoden erwähnt, um die Geschwindigkeit des Lichtes und der Elektrizität zu ermitteln, ferner der Nivellirungen über ganze Kontinente, um die genaue Höhe entfernter Weltmeere zu bestimmen.

107. Der Mond. Die Neuzeit hat dem Mond eine besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Vorerst wurden die Mondtafeln fortwährend verbessert, wozu der Aufschwung des Seewesens antrieb. Besonders hervorzuheben sind die Verdienste von Bürg (1766—1834), Bouvard, Burkhardt (1773—1825), Damoiseau (1768—1846), Plana und Delaunay. Hansen berechnete Mondtafeln, die auf Kosten der englischen Admiralität herausgegeben wurden. Wolf sagt über die betreffenden Errungenschaften: Fonvielle mag etwas Recht haben, Sonne und Mond dienen gleichsam als einfachen Vorwand, um unzählige Glieder und Gleichungen an einander zu reihen. Kommt man denn in irgend einem beliebigen System von Wirbeln, von Anziehung und sogar von Abstossung nicht dazu, die Ungleichheiten mit einer hinreichenden Anzahl Ausdrücken zu erklären. — Während diese unendliche Zunahme der Glieder

unangenehm an die frühere Zunahme der Epicyklen erinnert, so muss man doch den wesentlichen Fortschritt nicht vergessen. Bei der Sonnenfinsternis vom 18. Juli 1860 zeigte die Berechnung nach den alten Burkhardt'schen Tafeln einen Fehler von 38, nach den neuen Hansen'schen einen Fehler von 3 Sekunden.

Was die physische Beschaffenheit des Mondes betrifft, so wurden genaue Mondkarten angefertigt von Schröter (1745—1816), Lohrmann, Beer (1797—1850), Mädler und Julius Schmidt. Um die photographische Aufnahme des Mondes machten sich u. A. verdient Wolf, Rayet, Warren de la Rue (London) und Rutherford (New-York).

Welche Arbeit erforderten die Beobachtung, Verzeichnung, Höhenbestimmung der Berge, Rillen, Krater. 1866 entdeckte Schmidt eine Veränderung am Krater Linné, später Dr. Klein einen neuen Krater. Ein weites Feld für die Zukunft!

Der Mangel der Atmosphäre, die Eigentümlichkeiten des Lichtes, der Einfluss auf unsere Witterung haben ebenfalls mancher Beobachtung, mancher Vermutung gerufen.

108. Die Kometen. Der Halley'sche Komet bekam in der Neuzeit mehrere Geschwister, eben lauter periodische Kometen von kurzer Umlaufszeit, wie diejenigen von Enke, de Vico, Winnecke, Brorsen, Tempel, d'Arrest, Biela, Faye und Bruhns. Die Parabel fiel für diese und andere Kometen dahin, und die Ellipse, die gewöhnliche Planetenbahnlinie, wurde auch für gewisse Schweifsterne anerkannt. Damit hängt die Einbürgerung der Kometen ins Sonnensystem zusammen.

Die Spektralanalyse der Kometen, von Huggins, Secchi, Wolf, Rayet, Young u. A. unternommen, lieferte wertvolle Beiträge. Sie entschied für selbständiges Licht bei mehreren Kometen. Secchi fasst die wesentlichsten Tatsachen in folgende Sätze zusammen: 1. Die Materie des Kometenkerns verursacht in der Nähe der Sonne keine wahrnehmbare Strahlenbrechung; 2. die Dunsthülle des Kerns zeigt eine eigene Lichtentwicklung; 3. in der Nähe der Sonne finden Dunstausströmungen aus dem Kerne nach der Sonne hin statt; 4. diese Dunstströme werden von der Sonne stark abgestossen und bilden hinter dem Kerne einen Schweif; 5. die Schweifbildung geht hier mit sehr grosser Geschwindigkeit von statten.

Das direkte Licht der Kometen gleicht am meisten demjenigen der gasförmigen Nebelflecken; das indirekte Licht demjenigen der Planeten.

109. Die Meteore. Unser Jahrhundert hat die Vorurteile überwunden, welche man früher gegen die Meteore hatte. Eine Menge Beobachter haben sich diesem Zweige zugewendet und sind durch wunderbare Erkenntnis belohnt worden. Ich nenne Chladni, Olbers, Bessel, Arago, Bogulawski, Heis, Schmidt, Herrick, Quetelet, Newton in Newhaven, Schiaparelli. Wie mannigfaltig sind diese Meteore: bald einzeln, bald in parallelen Zügen, bald in wahren Schwärmen ziehen sie entweder mit ruhigem Lichte oder mit sprühenden Funken dahin. Einer fällt mit deutlichem Schall auf das steinige Erdreich, ein anderer verglimmt im Luftmeer, ein dritter schweift über einen ganzen Erdteil hin, ein vierter zerstaübt unter unsern Augen zu einer Wolke, die stundenlang sichtbar bleibt. (Meteor vom 13. November 1866, auf der Sternwarte in Leyden gesehen; Meteor vom 11. Juni 1867, in Wetzikon, Zofingen, Basel beobachtet.) Doch hat die Neuzeit mit all den verschiedenen Benennungen, Sternschnuppen, Feuerkugeln u. s. w. aufgeraümt; sie anerkennt nur eine Gattung dieser Weltkörperchen; die Verschiedenheit der Grösse, der Farbe u. s. w. hat keine wesentliche Bedeutung.

Im Jahr 1803 fiel zu l'Aigle in der Normandie ein Meteorregen. Der Maire zeigte die Erscheinung den Oberbehörden an, er wurde als ein Abergläubiger ausgelacht. Schliesslich sah sich das französische Institut veranlasst, den berühmten Biot an Ort und Stelle zu schicken. Dieser stattete einen umfassenden Bericht ab und brachte mehrere Meteore zurück, die chemisch untersucht wurden. 1831 kam man auf die periodischen Meteorschwärme. Am 13. November dieses Jahres sah ein französischer Kapitän von Morgens 4 Uhr an, drei Stunden lang, eine grosse Menge Meteore, wenigstens in jeder Minute 2. Diese Erscheinung war auch im Tirol und in Süddeutschland wahrgenommen worden. Sie wiederholte sich in der Nacht vom 12. auf den 13. November 1832 in England, Frankreich, Belgien, in der Schweiz, in Deutschland und vorzüglich in Russland (Riga, Petersburg, Odessa, Orenburg, Suczawa in der Bukowina). In der gleichen Nacht 1833 und in der folgenden Nacht 1834 fielen grossartige Meteorregen in Nordame-

rika. Olbers und Quetelet verwiesen 1836 darauf, dass mehrere Nachrichten über Meteorschwärme um die Zeit des 10. August vorhanden seien. Schon im nächsten Jahre erwies sich die Vermutung für wohlbegründet.

Nach und nach fand man noch andere periodische Meteorschwärme heraus und kam zu der Ansicht, sie müssen von Ringen herrühren, welche, mit Meteoren angefüllt, um die Sonne ziehen. Es zeigte sich auch, dass die periodischen Schwärme scheinbar je aus demselben Sternbild kamen, der Novemberschwarm aus dem Löwen, der Augustschwarm aus dem Perseus. Man nannte deswegen die Meteore des erstern die Leoniden, diejenigen des letztern die Perseiden.

Schiaparelli, geb. 1835 zu Savigliano im Piemont, Direktor der Sternwarte zu Mailand, machte die wichtige Entdeckung, dass die Perseiden mit dem Kometen III 1862, und die Leoniden mit dem Kometen I 1866 auffallend übereinstimmten in der Länge des Perihels und des aufsteigenden Knotens, in der Neigung u. s. w. Weiss und d'Arrest zeigten hierauf die Uebereinstimmung des Biela'schen Kometen mit dem Meteorschwarm im Anfang Dezember.

Daraus entnahm man, dass die Meteore die verdichtete Masse der Kometenschweife sind. Dagegen macht Coulvier-Gravier (1802—1868) geltend, dass die Kometen stark leuchtend werden, wenn sie sich der Sonne nähern, während die Meteore nur leuchtend werden, wenn sie mit ungeheurer Geschwindigkeit durch unsere Atmosphäre ziehen. Er findet also den Kometen- und den Meteorenstoff zu verschieden.

Die chemische Analyse der Meteore hat folgende Elemente nachgewiesen: Sauerstoff, Schwefel, Phosphor, Kohlenstoff, Kiesel, Aluminium, Magnesium, Calcium, Kalium, Natrium, Eisen, Nickel, Kobalt, Chrom, Mangan, Kupfer, Zinn und Titan. Merkwürdig ist das Vorkommen mehrerer übereinstimmender Verbindungen wie Nickeleisen, Chromeisen, Olivin, Anorthit, Labrador und Augit.

Daubrée hat die Meteore in Sideriten (eisenhaltige) und Asideriten (nicht eisenhaltige) eingeteilt.

110. Stimmen über die Bewohnbarkeit der Weltkörper. Bode glaubte, dass die Sonne und die Kometen bewohnt seien. Ueber letztern Punkt sagt Littrow: Während wir Erdenbewohner wie die Raupen auf dem Kohlblatt bleiben, fliegen die Bewohner

der Kometen mit der Schnelligkeit des Blitzes von einer Welt zur andern. Für uns sind solche Genüsse nicht bestimmt. Der Komet von 1680 hatte ein Perihel, das unsere höchste Sonnenhitze 26000 mal übertreffen musste, und ein Aphel, wo unsere Atmosphäre in Eis verwandelt würde. Welche Organisation müssen jene Wesen haben, welche Augen!

Mädler sagt in seiner populären Astronomie: Es ist im höchsten Grade wahrscheinlich, dass nicht der Mond allein, sondern jeder Weltkörper lebende Bewohner habe, da einerseits gar kein Grund abzusehen ist, weswegen die Erde einen so ungemeinen Vorzug ausschliesslich in Anspruch nehmen könnte, anderseits von der Weisheit des Schöpfers erwartet werden kann, dass alle seine Werke die möglichst höchsten Zwecke erfüllen. An einer andern Stelle fügt er bei: Der Mondbewohner bedarf Adleraugen; folglich hat er sie. Ferner glaubt Mädler, die beste Sternwarte würde auf der von der Erde abgewandten Mondseite angebracht sein.

Littrow meint dagegen in seinen Wundern des Himmels, die langen Nächte, welche die Polarzonen Jupiters und Saturns mit sich bringen, seien der praktischen Astronomie besonders förderlich, insofern jene Bewohner, die in unserm Lappland vor Hitze umkämen, nicht wegen schrecklicher Kälte die warme Stube vorzögen, weil ihnen der Weingeist zu Diamant gefriere. An einer andern Stelle sagt er: Welche von uns völlig verschiedenen, ganz anders organisirten Wesen mögen den Merkur bewohnen, und wie viel mehr noch mögen sie von den Bewohnern des Neptun, des entferntesten aller Planeten, verschieden sein, auf dessen Oberfläche Licht und Wärme der Sonne über 7000 mal geringer sind!

Wichtig ist die Anschauung, welche Richard A. Proctor in seinem Werke: „Unser Standpunkt im Weltall“ niedergelegt hat. Dieselbe lässt sich im Wesentlichen in folgende Sätze zusammenfassen: Die Periode der Bewohnbarkeit eines Weltkörpers ist verhältnismässig kurz gegen seine Dauer. Jeder Planet, jeder Mond, jede Sonne müsse also einmal die Periode der Bewohnbarkeit haben, so dass zu allen Zeiten unter den unzählbaren Sonnen eine gewisse Menge sich befinden, deren Nebenkörper, wenn auch nicht gerade alle, mit lebenden Geschöpfen bewohnt seien. Und da die Zahl der Gestirne unendlich ist, so werden in jedem Augenblick Millionen von Weltkörpern Bewohner haben, während anderseits eine noch grössere Anzahl Sterne noch nicht oder nicht mehr be-

wohnbar sind. Es sei deswegen ein Zufall, wenn zu unserer Zeit, wo gerade die Erde bewohnbar sei, auch andere Planeten bewohnt werden. Denn es komme eben der eine nach dem andern an die Reihe, und zwar kommen die kleinern zuerst an die Reihe, dann immer grössere, bis endlich der grösste eines Systems, nämlich der Hauptkörper selbst bewohnbar werde. Mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit lasse sich schliessen, ob auf einigen unserer Planeten Leben existirt oder unmöglich ist. So sei z. B. die Beschaffenheit von Venus und Mars nicht so sehr von derjenigen der Erde verschieden, um die Wahrscheinlichkeit eben auszuschliessen, dass auf diesen Planeten gewisse Formen des Lebens vorkommen könnten. Anderseits können wir nach dem, was wir von Jupiter und Saturn wissen, behaupten, dass diese beiden Planeten jetzt noch in einem feurigen Zustand sich befinden, welcher der Jugend des planetaren Zustandes entspricht, während wir im Monde eine abgestorbene, jetzt für lebende Wesen ungeeignete Welt erblicken.

Damit verbinden viele unserer Naturforscher das Bewusstsein, dass nach einer gewissen Zeit auch die Menschheit auf Erden sich abgelebt habe. Nach Dubois-Reymond würde der letzte Mensch in einer arktischen Hütte am Aequator sterben, und dann wären auf immer und ewig alle unsere Erfindungen und Künste, unsere Kenntnisse und Wissenschaften, wir selber und unser menschliches Dasein vergessen und verschwunden.

Daran anknüpfend fährt Ferdinand Siegmund (Durch die Sternenwelt, Wien 1880) im Wesentlichen folgendermassen fort: Wir werden den letzten Trost, dass wenigstens Mars oder Venus menschenähnliche Bewohner besitzen, so lange aufschieben, bis uns die Astronomie unwiderleglich beweist, es seien auf diesen beiden Gestirnen genau dieselben Vorbedingungen und Entwicklungen der Organismen seit Jahrmillionen vorgekommen wie auf der Erde. Das wird nie geschehen können. Nehmen wir nach den Erfahrungen der Spektralanalyse an, dass sämtliche Weltkörper genau aus denselben Stoffen bestehen, und ihr Inneres mehr oder weniger glühend und flüssig geworden ist, so befolgt doch von dem Moment der Erstarrung der aüssern Rinde jeder Planet seinen eigenen Weg in Bezug auf die Entwicklung seiner Oberfläche, und es werden sich nach seiner individuellen Grösse auch die Längen seiner geologischen Epochen ausdehnen. Wenn vorausgesetzt wird, dass die auf unserer Erde herrschende Entwicklungs-

reife der Organismen die einzig mögliche im Weltall ist, so kann nicht ausbleiben, dass bei den kleinern Planeten, wie z. B. Mars, gewisse Stufen in jeder Epoche gar nicht erreicht werden, also die Fortentwicklung gar nicht da anknüpfen könnte, wo sie dies auf Erden tut, während umgekehrt auf grössern Planeten, wie Jupiter, wegen der ungeheuren Länge der Abkühlungsperioden eine viel sorgfältigere und andauerndere Entwicklung der Fauna und Flora jeder einzelnen geologischen Epoche einst wird eintreten können. In diesem Sinne der zeitlichen Entwicklung, welche jedem Organismus gegeben ist, kämen wir, unter Voraussetzung gleicher Verhältnisse, auf die Ansichten des vorigen Jahrhunderts zurück, dass die Gestirne um so vollkommenere Bewohner hätten, je grösser sie sind. Doch wir wissen nichts von den übrigen Vorbedingungen, auch trifft die Voraussetzung gleicher Sonneneinwirkung nicht zu, im Gegenteil verwandelt sich, nach unsern gegenwärtigen Begriffen das Allbelebende unserer Sonne auf dem Merkur in ein Allverbrennendes, während es auf dem Jupiter gegenüber dessen starker Eigenwärme vielleicht negativ wirkt. Wir dürfen aber gar nicht so besorgt sein, meint A. Woldt, ob die Natur auf den Planeten menschenähnliche Geschöpfe hervorzurufen vermöge. Wir haben ja auf der Erde die Erfahrung gemacht, dass im Haushalte der Natur eine scheinbare Formenverschwendung herrscht, so dass die Zahl der ausgestorbenen Gestalten um Vieles die der jetzt lebenden übertrifft, woraus wir folgern müssen, dass im ganzen Weltall sich stets geeignete Formen für alle möglichen Zustände finden werden. Auch dürfen wir uns nicht im stolzen Gefühle wiegen, dass die menschliche Gestalt irgend etwas Prädestinirtes zum Erkennen der Werke des Weltalls habe, oder dass die Entwicklung des Menschengeschlechts gerade so, wie sie erfolgt ist, und nicht anders eintreten konnte. Im Gegenteil ist es durchaus nicht undenkbar, dass bei anderer Reihenfolge der Entwicklung sich das „Erkennen“ in Folge der „Zivilisation“ anders gestaltet haben würde.

ZWEITES BUCH.

Unrichtigkeit der Massenschwere.

Kapitel 1.

Mängel der newtonischen Schwere.

111. Vormerk. Alle frühern astronomischen Systeme sind bekämpft und besiegt worden; die zur Zeit herrschende Theorie ist die newtonische. Freilich sah man sich in einzelnen Punkten bisweilen gezwungen, wieder auf frühere Anschauungen zurückzukommen, weil sie der Wahrheit viel näher standen und den Erscheinungen weit eher entsprachen.

Newton führte seinerzeit erfolgreich den Kampf für die Massenschwere gegen die Wirbeltheorie, und er berührt vorzüglich alle Einzelnheiten, welche diese beiden Systeme von einander unterscheiden; nicht aber diejenigen, welche sie mit einander gemein haben. Daher kommt es, dass Newton gewisse Punkte nur flüchtig berührt oder gänzlich mit Stillschweigen übergeht, während seine Nachfolger, bei stets wachsender Ausdehnung des physikalischen Wissens, gezwungen wurden, dieselben Punkte im Sinne ihres Meisters, aber ausführlich zu behandeln. Um aber den Zusammenhang nicht zu stören, muss ich den ganzen Verlauf, die volle Entwicklung gewisser Ansichten bei Newton klarlegen und bei Kant und Laplace nur diejenigen Partien behandeln, welche neue und selbständige Erweiterungen der Schweretheorie bilden.

Der strenge Kritiker wird aber auch Anstoss nehmen an der Aufeinanderfolge der einzelnen Nummern dieses Kapitels. Ich habe

nämlich den vorliegenden Stoff mehrmals bearbeitet, und bei der beschränkten Musse meistens einige neue Gedanken ein- und angefügt, anstatt das Ganze je nach der gewonnenen Erkenntnis vollständig umzugestalten. Es sind also mehrere Nummern mehr nach der chronologischen Entstehung als nach dem innern Zusammenhang geordnet.

Wichtiger endlich noch als diese formellen Punkte ist die Frage, unter welchem Gesichtspunkt soll und kann die newtonische Schweretheorie, wie überhaupt jede naturwissenschaftliche Theorie nach ihrem Gehalt beurteilt werden.

Auf dem Gebiete der Natur soll eine Theorie von einem Zustand ausgehen, der sich an einem gegebenen Körper nachweisen oder nachahmen lässt, und von diesem Zustand vor- oder rückwärts gehend, solche Schlüsse machen, wie sie sich bei gleichen oder ähnlichen Umständen naturgemäss ergeben.

Vor allem ist das Wunder ausgeschlossen, welches weiter nichts ist als das offene Geständnis vom Mangel an Einsicht, und welches eine rätselhafte Erscheinung durch einen aussergewöhnlichen, d. h. übernatürlichen Vorgang zu erklären sucht.

112. Die absolute Unmittelbarkeit Newton's. Die newtonische Massenschwere erinnert stellenweise an jene Zeiten, wo die gewöhnlichen Naturerscheinungen, Sonnenschein und Regen, Donner und Blitz, Sturm und Regenbogen, Kometen und Meteore als der unmittelbare Ausfluss eines Gottes angesehen wurden. So treffen wir es im Kindesalter der Menschheit oder auch jedes Volkes, davon zeugen die Mythen und Götterlehren der Griechen, der Römer, der Germanen u. s. w., die Gottesgelahrtheit des Mittelalters, die Anschauungen Newton's in seiner Schlussanmerkung (Nr. 58).

Schnurstracks entgegen den Egyptern haben sich die griechischen Forscher bemüht, der Naturwissenschaft ihren mysteriösen Charakter abzustreifen. Seitdem die Humanisten die griechische Kultur uns erschlossen haben, hat sich die Naturwissenschaft im Bunde mit der Philosophie redlich und erfolgreich bestrebt, die Naturerscheinungen auf unwandelbare Gesetze zurückzuführen.

Wenn es auch begreiflich erscheint, dass Newton in verschiedenen Punkten mit den Vorurteilen seiner Vorgänger und Zeitgenossen behaftet war, so muss heute mit aller Entschiedenheit

erklärt werden, dass bei einer Theorie über das grosse Uhrwerk des Weltalls der Eingriff eines persönlichen Gottes gänzlich auszuschliessen ist. Kant ist zu dieser Ueberzeugung gekommen; Laplace hat die Betätigung der Gottheit nur auf den ersten Anstoss beschränkt, den er wegen mangelnder Erkenntnis noch aufrecht halten musste. Doch davon später ausführlicher.

Das Weltall wird entweder von bestimmten Kräften, von allgemeinen Gesetzen, oder von der Laune der Gottheit beherrscht; einen weitern Ausweg gibt es nicht. Wer aus Furcht oder Schwäche sich für die zweite Alternative entscheidet, schliesst damit jede innere Beruhigung künstlich aus.

113. Die relative Unmittelbarkeit Newton's. Die newtonische Schwere wird als sine unmittelbare Kraft angesehen, die keine Beteiligung der dazwischen liegenden Materie voraussetzt, folglich auch keine Zeit erfordert. Seit dem 17. Jahrhundert haben Vermutung, Versuch und Schluss der Naturforschung den richtigen Weg eröffnet und waren bemüht, die scheinbar verschiedensten Dinge einheitlich zu ordnen, die wirkenden Kräfte aus dem dunkeln Hintergrunde ans Tageslicht hervorzuziehen und sie vor allem auf mittelbare Beziehungen zurückzuführen.

So viele, früher als unmittelbar geltende Kräfte sind allmälig erkannt und bezwungen worden. Die Schwere steht noch einzig in ihrer Art da, ein Rest früherer Anschauungen, ein Unding für die Neuzeit. Die andern Kräfte haben sich als mittelbar entpuppt; sie haben die Brücke abgebrochen, welche sie früher mit der Schwere verband. Diese ist als Unikum, als Sonderling zurückgeblieben. Sie hat keine innere Aehnlichkeit mit einer andern Kraft; ihr Wesen ist grundverschieden, eben unmittelbar.

Gesetzt, es bestehe eine Kraft in London; wird dieselbe eine physisehe Wirkung in New-York ausüben können, ohne irgend eine Verbindung, irgend eine Transmission, irgend ein passendes Medium? — Ich verneine keck die Frage; denn ich glaube an keine unmittelbare Kraft.

Newton hat zwei Fundamentalsätze für seine Lehre. Der 1. heisst: Jeder stoffliche Körper zieht jeden andern an mit einer Kraft, welche im geraden Verhältnis seiner Masse oder Stoffmenge und im umgekehrten Verhältnis ihrer gegenseitigen Entfernung steht.

Freilich fügt er im 3. Absatz der 8. Definition (Nr. 41) hinzu, dass die Kräfte nur mathematisch, nicht physisch betrachtet werden.

Die Ausflucht ist sehr klug gewählt; aber wenn man die Stoffmenge, den Fall, die Anziehung u. dgl. behandelt, so betrachtet man eben physisch und nicht mathematisch.

Der 2. Fundamentalsatz ist Grundsatz 1. (Nr. 42) u. s. w. Nun ist klar, dass mit diesen Sätzen kein natürliches Zusammenspiel eingeleitet werden kann. Diesen Mangel ersetzt Newton anfänglich mit dem 1. Anstoss. Aber wie bringt er weiter die gegenseitige Wirkung zu Stande? — Man muss gestehen, dass es ihm nicht gelingt. Sein Vorgänger Descartes hat Wirbel, also stoffliche Medien zwischen den Weltkörpern. Newton löst dieses Band, macht die Kräfte zu mathematischen Dingen. Da sehe er zu oder es arbeite sich in diese Bedingungen hinein, wer da Lust hat. Ich finde mich unter solchen Umständen glatterdings nicht zurecht.

114. Die Unmittelbarkeit der Newtonianer. Wie verhalten sich über diesen Punkt die Naturforscher und Philosophen? — Ihre Orakel sind verblümt genug. Hören wir sie selbst an, vorerst „durch die Sternenwelt“ von Ferdinand Siegmund, Wien 1880, Seite 435. Um den Mechanismus der planetaren Welt ganz zu verstehen, müssen wir den Ursprung und das innere Wesen der Kraft kennen, welche die Körper und ihre Teilchen gegen einander treibt und die wir mit dem Namen Anziehung, Schwere und Gravitation bezeichnen; aber leider sind in diesem Punkte unsere Kenntnisse aüsserst dürftig. Die Astronomen und Mathematiker nehmen diese Kraft als eine gegebene, dem Stoffe anhängende Eigenschaft an, auf welche sich die Formeln der Mechanik anwenden lassen. So ergeben sich die Gesetze für die Bewegungen der Körper auf der Erde und im Himmelsraum, ohne dass das Wesen jener Kraft dabei weiter in Betracht kommt. Die Physiker machen es ebenso, und auch die Philosophie senkt bei ihrem gegenwärtigen Standpunkt vor der Frage nach dem Ursprung und dem Wesen der Gravitation ihre Flügel. Die meisten Physiker sind indes der Ansicht, dass die Erscheinungen der Anziehung auf den Aether zurückzuführen sind, jenes universelle Fluidum, welches den ganzen Weltraum erfüllt, und welches in Gemeinschaft mit der wägbaren Materie alle Körper zusammensetzt. Wie aber der Aether

wirkt und welche Eigenschaften ihm zukommen, ist uns unbekannt. Wir können nur sagen, dass zwischen der Sonne und den Planeten ein Mittel vorhanden sein muss, durch welches die Kraftwirkungen fortgepflanzt werden können, weil eine unmittelbare Wirkung in die Ferne, wie man sie früher wohl ohne das Vorhandensein eines fortpflanzenden Mediums für gewisse Kräfte annahm, undenkbar ist. Da nun das Vorhandensein des Aethers durch die Erscheinungen des Lichtes hinreichend sicher konstatirt ist, so ist nicht einzusehen, warum man behufs Erklärung der Erscheinungen, welche sich auf die Wirkung der Gravitation und die Fortpflanzung der Bewegungen im Sonnensystem beziehen, noch zu der Annahme eines andern Mediums greifen soll.

Die vorstehende Erklärung laüft auf folgenden Widerspruch hinaus. Die Schwere ist zwar unmittelbar; aber die meisten Physiker können sich nicht in diesen Gedanken schicken und haben im Stillen an den Aether gedacht, der allenfalls die mittelbaren Beziehungen zu übernehmen hätte. Damit sucht man sich aus der Verlegenheit zu ziehen.

Dieses Bild führt uns den jetzigen Standpunkt der Wissenschaft über die Schwere vor. Wer errötet nicht über eine so fadenscheinige Wissenschaftlichkeit und über das unsichere Fundament, auf dem die Astronomie, die Königin der Wissenschaften, ruht? Wie könnte die Wahrheit erforscht und verbreitet werden, wenn man den bezüglichen Mangel nicht offen zugesteht?

Indem ich auf die Zitate in Nr. 5 verweise, gebe ich noch 2 Fachgelehrten das Wort. Vorerst Laplace, Exposition des Weltsystems, III, 2: Wir haben in der Schwere das tägliche Beispiel einer Kraft, die ohne Unterbruch zu wirken scheint. In Wahrheit wissen wir nicht, ob ihre auf einander folgenden Wirkungen durch Zeitraüme getrennt werden, die für uns unmerklich sind; aber da die Erscheinungen beinahe dieselben sind bei dieser Annahme und bei der einer ununterbrochenen Wirkung, so haben die Mathematiker letztere vorgezogen, weil sie bequemer und einfacher ist. — Von der Kraft sagt derselbe Verfasser im Anfang seiner Mechanik des Himmels: Die Natur derselben ist uns unbekannt und wird uns immer unbekannt bleiben; wir kennen nur ihre Wirkungen und die Gesetze ihres Wirkens. — So leicht würde ich die Flinte nicht ins Korn werfen.

Dann Mädler, populäre Astronomie, Berlin 1849, Seite 86: Die Namen, welche wir den Kräften beilegen, sollen überhaupt nie ihr inneres Wesen bezeichnen. Ein Vorbehalt, den Newton zwar in ausdrücklichen Worten gemacht hat, den dennoch Viele, die an Newton und seiner Theorie allerlei auszusetzen fanden, ignorirt haben. Es ist für die Astronomie gleichgültig, ob und welche Vorstellung wir uns von den bewegenden Kräften machen: die Entwicklung der Gesetze dieser Bewegungen hängt gar nicht von den metaphysischen Ideen ab, die man sich über die Attraction u. s. w. gebildet hat.

Man schämt sich, eine unmittelbare Kraft anzurufen, und kanzelt Jeden ab, der eine richtige Vorstellung verlangt. Gestehe man anstatt dessen den Mangel ehrlich ein: Jeder Versuch, der Schwere ihren unmittelbaren Charakter zu nehmen und sie neben die andern Naturkräfte einzureihen, muss als ein Fortschritt bezeichnet werden.

Die Analogie zwischen der in Nr. 20 geschilderten Sachlage und dem jetzigen Zustand der unmittelbaren Schwere mit den Ausflüchten der Newtonianer ist überraschend und bedarf keiner weitern Erörterung.

115. Gemeinsame Widersprüche Newton's und der Newtonianer. Whewell (1794—1866) sagt in seiner Geschichte der induktiven Wissenschaften: Ohne Zweifel wird die Folge der Zeiten das von Newton entdeckte Gesetz noch mehr erlaütern und selbst weiter ausdehnen; vielleicht wird die allgemeine Schwere dermaleinst als der Ausfluss eines noch höhern Gesetzes erscheinen oder doch die Art, wie jene geheimnisvolle Kraft wirkt, uns näher bekannt werden, und Newton selbst hat mit Fragen dieser Art mehr als einmal gekämpft.

Bei Newton findet man genug Angaben über Widersprüche. Die werden aber heutzutage mit dem Mantel der Beschönigung bedeckt, weil man die Schwäche nicht zugeben will, deren sich der Meister bewusst war.

Es ist bekannt, wie Newton die Hauptsätze über die Schwere abänderte und teilweise widerrief. Den Einwendungen Huygens' hat er alle Gerechtigkeit widerfahren lassen. Er wagte es nicht, die Anziehung als einen Zug oder einen Druck zu erklären. Mitunter redet er von einer geistigen Attraktion. Dann nennt er wieder

die Anziehung, als unmittelbare Kraft aufgefasst, eine grosse Ungereimtheit. Newton war sich eben der Unzulänglichkeit seiner Theorie zu gut bewusst, er wollte bezügliche Versuche machen; aber den erlösenden Faden aus diesem Labyrinthe fand er nicht.

Newton schreibt u. a. in seinem 3. Briefe an Bentley, Newton's Werke, Ausgabe Horsley, 4°, Band IV, Seite 438: Dass der Materie die Schwerkraft angeboren, anhaftend und wesentlich sei, so dass ein Körper auf einen andern in die Ferne durch den leeren Raum wirken könne, scheint mir eine so grosse Ungereimtheit, dass ich glaube, Keiner, der in philosophischen Dingen eine hinlängliche Fähigkeit des Denkens besitzt, könne jemals dieselbe annehmen. Gravitation muss durch ein beständig nach bestimmten Gesetzen wirkendes Agens erzeugt werden.

Ob dieses Agens materiell oder immateriell, und wie es als wirksam zu denken sei, überlässt er der weitern Untersuchung.

Damals wurde die Physik noch nicht als ein Ganzes, als eine grössere Einheit aufgefasst. Viele einzelne, physikalische Fragen hat Newton für seine Zeit meisterhaft behandelt, die aber längst überholt sind. Es waren eben rohe Anfänge einer erwachenden Zeit, welcher beinahe unüberwindliche Vorurteile und Schranken entgegen standen. Nur die rätselhafteste und geheimnisvollste Frage, die Anziehung, ist leider noch geblieben bis auf diesen Tag nnd entstellt Physik und Astronomie.

Die spätere Zeit hat es vielfach versucht, an der Sache herum zu flicken; aber mit geringem Erfolg, und schliesslich hat sie sich ins andere Extrem geworfen. Wie die Philosophie jedes Zeitalters sich bemüht, mit ihrer Anschauung die gegebenen Glaubenssätze neu zu beleben, so hat sie sich bis auf den heutigen Tag bemüht — weil eine Lösung ihr nicht gelang — die anstössigen Teile der Schweretheorie abzuschwächen und zu vertuschen, oder mit neuern Ideen zu durchdringen.

Ich erinnere an die vorhergehende Nr. Man wird von Mädler der Metaphysik beschuldigt, wenn man nähere Auskunft wünscht. Wie naiv sagt Laplace, es sei bequemer und einfacher, wenn man nicht untersuche, ob die Schwere unterbrochen oder ununterbrochen wirke. Wollte man dieses Verfahren in der Wissenschaft einschlagen, so würde der Fortschritt preisgegeben.

Es helfen aber alle Beschönigungen nichts; das Wesen der

newtonischen Schwere ist unbegreiflich. Ein so halsstarriges Ding passt nicht in alle Spiele.

Als die Wärme, als der Magnetismus und die Elektrizität in den Vordergrund der Physik traten und negative und positive Wirkungen zeigten, tauchte beilaüfig die Frage auf: Wie kommt es, dass die Schwere nur einseitig wirken soll? Doch war die Ausflucht bei der Hand, die Schwere sei die einzige absolute Kraft, die nur eine positive, keine negative Wirkung habe, da sie sich in allen Zeiten und in allen Zuständen gleich bleibe und nur von der Zahl der Atome bedingt sei. Wie mysteriös und wie unwahr.

Einerseits gilt die Schwere als eine allgemeine Eigenschaft, ja als die allgemeinste. Als solche ist sie keine eigentliche Kraft. Anderseits gilt sie wieder als die grösste Kraft, zwar mit der Beschränkung, dass sie nur anziehen, nicht abstossen könne; also nur einseitig wirke. Immer im gleichen Kreise herum!

116. Widersprüche Newton's, welche von den Newtonianern missbilligt werden. Die Widersprüche Newton's beziehen sich nicht etwa auf Stellen, die aus ihrem Zusammenhange herausgerissen werden, sondern auf Behauptungen, die seinen treuesten Anhängern auffallen müssen.

So sagt Laplace in seiner Exposition des Weltsystems, V, 6: Ich kann nicht umhin, hier zu bemerken, wie Newton in diesem Punkte von der Methode abgewichen ist, die er sonst so glücklich angewendet hat. Seit der Veröffentlichung seiner Entdeckungen über das Weltsystem und über das Licht suchte dieser grosse Mathematiker, welcher sich mit andern Spekulationen abgab, nach den Beweggründen, weswegen der Schöpfer der Welt dem Sonnensystem die Verfassung gegeben habe, welche wir besprochen haben. Nachdem er in der Schlussanmerkung seiner „Prinzipien“ (Absatz 3) von der Bewegung der Planeten und der Monde um Sonne und andere Hauptkörper in derselben Richtung und beinahe in derselben Ebene geredet hat, fügt er bei: Alle diese regelmässigen Bewegungen haben keine mechanischen Ursachen, da ja die Kometen sich in sehr exzentrischen Bahnen und in allen Teilen des Himmels bewegen. . . . Dieses wunderbare Band zwischen Sonne, Planeten und Kometen konnte nur das Werk eines weisen und allmächtigen Wesens sein. — Er wiederholt dann am Ende seiner Optik den gleichen Gedanken nochmals, und er hätte sich noch deutlicher

ausgedrückt, wenn er gewusst hätte, was wir bewiesen haben, nämlich dass die Bedingungen für die Anordnung der Planeten und Monde genau diejenigen sind, welche ihre Dauer sichern: Ein blinder Zufall konnte nie also alle Planeten bis auf einige, kaum bemerkbare Ungleichheiten bewegen, welche von der gegenseitigen Einwirkung der Planeten und Kometen herrühren können, und welche durch eine weite Zeitfolge wahrscheinlich grösser und grösser werden, bis endlich dieses System von seinem Schöpfer wieder in Ordnung gebracht werden muss. Aber kann diese Anordnung der Planeten nicht selbst eine Wirkung der Bewegungsgesetze sein, und kann die höchste Weisheit, welche Newton eingreifen lässt, nicht von einer allgemeinern Erscheinung herrühren? So ist, nach unserer Mutmassung, eine in verschiedene Haufen zerstreute Nebelmasse im unendlichen Himmel. Kann man noch behaupten, dass die Erhaltung des Planetensystems in der Absicht des Weltenschöpfers liege? Die gegenseitige Anziehung der Weltkörper dieses Systems kann die Dauer nicht unterbrechen, wie Newton meint. Und wäre im Weltenraum kein anderes Fluidum als das Licht, so müssen sein Widerstand und die Verminderung, welche sein Ausströmen auf der Sonne nach sich zieht, auf die Länge der Zeit die Anordnung der Planeten zerstören; und um sie aufrecht zu erhalten, würde eine Verbesserung allerdings notwendig.

117. Die Analogie mit dem Licht. Ich habe im ersten Teil die einzelnen Entwicklungsstufen der Theorie des Lichtes nicht berührt, um sie hier zu einem Gesamtbilde zu vereinigen. Demokrit und Epikur meinten, es lösen sich von den Gegenständen feine Bilder ab, die bis ins menschliche Auge gelangen. Pythagoras lehrte, dass die Oberfläche der Körper materielle Teile aussende, welche ins Auge dringen und das Sehen bewirken. Plato glaubte, die Lichtstrahlen der Körper und des Auges bilden durch Vereinigung ein Bild. Aristoteles erkannte, dass ein Medium zwischen dem leuchtenden Körper und dem Auge nötig ist, der Aether des Weltenraums; und dass die Farben ebenso eigentümlich verändertes Licht sind wie die Töne eigentümlich veränderter Schall. Seneca behauptete, der Regenbogen entstehe aus dem gewöhnlichen Licht durch Bewegungen der Atmosphäre und der Dünste. Unter den Arabern tat sich besonders Alhazen hervor,

Er stellte die ersten Forschungen über die Strahlenbrechung an und fand, dass diese von der veschiedenen Durchsichtigkeit und Dichtigkeit der Körper herrühre.

Nach der Neubelebung der Wissenschaften im Abendland schrieb Maurolykus, ein Geistlicher zu Messina, mehrere Abhandlungen über Brillen, über die Entstehung der Farben, über das Sehen. Um dieselbe Zeit, um 1560, erfand Joh. Baptista Porta die Camera obscura und verwies auf die Analogie derselben mit dem Auge. Baco von Verulam, Johann Fleischer zu Breslau, Antonius de Dominis, der Bischof zu Spalatero, und Galilei beschäftigten sich ebenfalls mit dem Lichte.

Kepler erklärte das Licht als einen Ausfluss unendlich kleiner Körperchen, die von der Lichtquelle ausstrahlen und den Weltenraum mit ungeheurer Geschwindigkeit durchfliegen.

Descartes verband mit der Emanationstheorie die ersten Anfänge der Vibrationstheorie. Nach ihm bestehen die leuchtenden Körper aus Teilchen des ersten Elementes, während der ganze Weltenraum mit Teilchen des zweiten Elementes, gleichsam dem Weltäther, erfüllt ist. Er meinte, durch die beständige Erregung der leuchtenden Körper werden die Teilchen des zweiten Elementes gestossen, und es pflanze sich die Bewegung von einem Teilchen zum andern über, wenn auch ohne Zeitverlust, bis diese geradlinigen Schwingungen in unser Auge gelangen. Grimaldi, Hooke und Huygens bildeten die Vibrationstheorie weiter aus.

Newton, welcher sich sehr einlässlich mit dem Licht beschäftigte, griff wieder auf die Emanationstheorie zurück.

Leonhard Euler trat dagegen für die Vibrationstheorie in die Schranken. Der Streit fand seinen Abschluss 1802, indem Young (1773—1829) bei Gelegenheit der Interferenzerscheinungen der Vibrationstheorie den Vorzug verschaffte. Darnach wird der Weltäther durch leuchtende Körper in Schwingungen versetzt, welche bis in unser Auge fortgepflanzt werden, wo sie auf der Netzhaut einen Reiz erzeugen, der durch den Sehnerven ins Gehirn geleitet wird.

Man sieht also, dass Newton bei dem Licht die sehr gesunden Anfänge der Vibrationstheorie eines Descartes verworfen hat. Der Zweck der vorliegenden Arbeit besteht im Nachweise, dass Descartes, trotz vieler Irrtümer, einer richtigen Anziehungstheorie näher gestanden ist als Newton.

118. Veränderte Voraussetzungen, Aether. Newton spricht zu wiederholten Malen vom Aether, der von Aristoteles her bekannt war; aber ohne ihm irgend eine stoffliche Eigenschaft beizulegen. Seitdem sind wir gezwungen, für die Erscheinungen des Lichtes, der Kometen u. s. w. einen stofflichen Aether anzunehmen. Ist nun der Weltenraum, ausser den bekannten Weltkörpern, leer, so können diese, wie verschieden sie auch an Dichtigkeit seien, nach der Theorie die gleiche Fallgeschwindigkeit, beziehungsweise dieselben Drehungen für eine gegebene Entfernung haben. Ist aber der Weltenraum mit einer Materie angefüllt, dieselbe mag noch so fein sein, so lässt sich für verschieden dichte Weltkörper an einem gegebenen Ort über die Umlaufszeiten kein absolutes Gesetz aufstellen, wie das newtonische ist.

Also eine wesentliche Voraussetzung Newton's wird als dahingefallen betrachtet; dennoch soll der bezügliche Schluss nach wie vor richtig sein.

Ich will noch folgendes Zitat anführen. Newton, Prinzipien II, Prop. 40, Versuch 13: Wie der Widerstand vermindert wird, so muss auch die Stoffmenge sich in den Raümen vermindern, in welchen sich die Körper bewegen. Und deswegen entbehren die Weltenraüme, in welchen die Planeten- und Kometenkugeln nach allen Seiten möglichst frei und ohne irgendwelche merkliche Abnahme der Schnelligkeit sich ewig bewegen, irgend eines körperlichen Fluidums, wenn man vielleicht sehr feine Dünste und durchgehende Lichtstrahlen ausnimmt.

Newton hat also den stofflichen Aether, der eine Grundbedingung der kartesianischen Wirbel war, aus verschiedenen Gründen fallen lassen. Im Anfang unsers Jahrhunderts kam aber der Aether auf dem Gebiete der Physik wieder zur Geltung als Medium für die Schwingungen des Lichtes. Nun hätte er aber auch gebührend bei den Bewegungen der Weltkörper berücksichtigt werden sollen. Laplace sagt darüber Expos. d. Weltsyst. III, 3: Es widerspricht den wenigen Begriffen nicht, welche wir vom Stoff haben, wenn man annimmt, der Weltenraum sei mit einem Fluidum angefüllt, das keine Zwischenraüme habe und den Planetenbewegungen nur einen unmerklichen Widerstand entgegenstelle. — Eine so ausweichende und ungenügende Behandlung verdient dieser Gegenstand nicht.

Seit dem Jahr 1818 gab uns der Enke'sche Komet fortwährende Veranlassung, die Eigenschaften des Aethers zu ergründen. Doch ist die Frage nie allseitig und energisch an Hand genommen worden; weswegen sie noch der Lösung harrt.

119. Veränderte Voraussetzungen, Sonnenlicht. Newton glaubte an eine feurige, von Kometen gespeiste Sonne. Spätere Forscher hielten den Kern der Sonne für dunkel und nahmen über ihrer Atmosphäre eine nach aussen leuchtende Photosphäre an. (W. Herschel.) Die Spektralanalyse zeigt uns den Sonnenkern als einen flüssig glühenden Ball, der von verschiedenen Dunstkreisen eingehüllt ist, wo glühender Wasserstoff und verschiedene Wolkengebilde (Protuberanzen) vorkommen.

Also wieder andere Bedingungen für die Anziehung der Planeten. Man wird aber entgegnen, die Anziehung bleibe dieselbe, ob die Sonne dunkel oder leuchtend, ob sie kalt oder heiss sei, die Masse bleibe sich durch alle Zeiten unverändert. Doch wird man die Berechtigung zugestehen, solch wichtige Verhältnisse von neuem gründlich zu prüfen und die irdischen Erscheinungen zu Rate zu ziehen. Die chemische Anziehung ist freilich etwas anderes, wenn auch nicht diametral verschiedenes und bei ihr ist die Wärme die Hauptbedingung. Wie leicht wäre es gedenkbar, dass die Sonne je nach ihrem Wärmezustand eine verschiedene Anziehung auf die Planeten ausübte.

Die Spektralanalyse zeigt uns also eine heisse, feurige Sonne, welche jeden Weltkörper unsers Systems nach seiner Konstitution und seinem Abstand verschieden erregt. Daneben würde noch eine unmittelbare Anziehung der Sonne auf jeden Weltkörper stattfinden. Wie soll man aber einsehen, dass diese unmittelbare Kraft — welche von keiner Zeit und von keinem Medium beeinflusst oder gehemmt werden kann — ebenfalls in quadratischer Progression mit der Entfernung abnimmt wie die Intensität des Lichtes? Hier muss notwendig ein Widerspruch unterlaufen. Bei dem Licht, als einer mittelbaren Kraft, lässt sich diese Progression leicht begreifen, weil das Verhältnis des in Anspruch genommenen Mediums es so verlangt.

120. Der erste Anstoss. Nach Newton stürzt ein fester oder flüssiger Körper, der in unserer Atmosphäre allfällig seiner

Unterlage beraubt wird, gegen den Mittelpunkt der Erde. Er erreicht zwar diesen Mittelpunkt nicht, weil er schon an der Oberfläche aufgehalten wird.

Warum stürzt nicht ähnlich der Planet auf die Oberfläche der Sonne? wird man fragen. Für diesen schwierigen Fall, für diese mangelhafte Uebereinstimmung half sich Newton eigentümlich. Er stellt den Rundgang der Weltkörper als das Ergebnis zweier Kräfte dar, deren eine als fortdauernder Zug des Zentralkörpers auf den Nebenkörper, und deren andere als einmalige Einwirkung, eben als erster Stoss von Seite der Gottheit dargestellt wird. Es ist wahr, dass die Kartesianer den Anfang der Bewegungen eines Sternsystems mindestens so umständlich darstellten; aber eben so wahr ist, dass ein Maschinengott im vorliegenden Stücke der Weltbühne sehr übel angebracht wurde, weil er jede Wissenschaftlichkeit ausschliesst.

Dann kommen noch weitere Bedenken hinzu. Wenn bei allen Planeten (und es sind deren etwa 250 in unserm Sonnensystem bekannt), ferner bei den Monden und den unzähligen Kometen, endlich bei den mannigfaltigen Planetenfamilien der unendlichen Fixsterne — eine göttliche Hand im Anfang aller Dinge den Tangentialstoss zu geben hatte und anderseits für die zukünftigen Gebilde noch zu geben hat, so ist das keine geringe Zumutung.

Damit im engen Zusammenhang steht die früher erwähnte Ansicht Newton's, dass die Gottheit von Zeit zu Zeit in das Weltengetriebe eingreifen müsse, um die Ordnung und Harmonie wieder herzustellen. Auf solche Weise gäbe es viel Werg an die Kunkel.

Schon Leibnitz (1646—1716) fand diesen Vorgang der unendlichen Weisheit unwürdig. Er sagte, Gott sei kein probirender Künstler, der es anfänglich noch nicht recht verstanden habe und deswegen seiner mangelhaften Maschine nachhelfen müsse.

Der erste Anstoss liegt zwar unsern Astronomen nicht recht; aber man kann ihn eben nicht entbehren. Mädler (populäre Astronomie 1849, Seite 86) sagt sehr ausweichend: Es wird hiemit keineswegs behauptet, dass ein wirklicher materieller Stoss im Anfange stattgefunden habe, sondern nur die Art der Wirkung durch diese Vergleichung bezeichnet. Ein Schwung statt eines Stosses kann ebenso gut gesetzt werden.

Angenommen, man würde sich auch mit diesen vermeintlichen, göttlichen Eingriffen befreunden, wie es eine kindliche Anschauung mit sich bringt, so laüft es wider die Vernunft, einer einmal ausgeübten Einwirkung die Befugnis anzudichten, von einer beständig wirkenden Kraft gehemmt zu werden, ohne sich abzuschwächen. Das ist ein auffallender, innerer Widerspruch. Newton stellt dieselbe Anforderung an die Kartesianer, Prinzipien II, Propos. 52, Zus. 4. Uebrigens breche ich hier ab. Wo das Wunder zur Geltung kommt, hören Vernunft und Wissenschaft auf.

Zwar muss man gegen Newton gerecht sein. Es war damals noch schwer, auf einmal mit dem mittelalterlichen Kram zu brechen und die Herrschaft der unwandelbaren Naturgesetze zu proklamiren. Und er hat es redlich versucht, der Mechanik ihren Teil am Weltengetriebe anzuweisen. An uns ist es, das Wunder in der Naturforschung auszumerzen und die Eingriffe der Gottheit überflüssig zu machen.

121. Die Kometen. Newton spricht sich dahin aus, dass die Kometen Bürger unsers Sonnensystems seien, womit ich ebenfalls einverstanden bin; aber seine hauptsächlichsten Nachfolger sind anderer Meinung.

Dagegen muss man zu einer Ausflucht der sonderlichsten Art greifen, um nach der newtonischen Theorie das Verhalten der Kometen in Aphelium und Perihelium zu erklären. Vorerst wird der Sonne eine Anziehung zugeschrieben, um diese Weltkörper aus den Tiefen des Himmels, von der Grenze unsers Systems herbeizuziehen. Sind sie aber in ihrer bisweilen fast unmittelbaren Nähe angelangt, und hat sich folgerichtig die ursprüngliche Anziehung in quadratischer Progression, also um das Tausend- und Millionenfache vermehrt, so werden sie von derselben Sonne — in unabsehbare Weiten abgestossen. Hier klappt es entschieden nicht.

Und wenn erst ein Komet in Stücke geht! Humboldt (1769—1859) sagt im Kosmos: Die Kometenwelt hat ein Ereignis dargeboten, dessen blosse Möglichkeit man vorher kaum geahnt hätte: Der Biela'sche Komet (von 6,6 Jahren Umlaufszeit) hat sich in 2 Kometen von ähnlicher Gestalt, doch ungleicher Dimension geteilt. —

Unstreitig hat diese „unmotivirte" Teilung eines Weltkörpers der newtonischen Massenanziehung einen schweren Schlag versetzt.

122. Die Ausnahmen und Aenderungen. Heute wie vor 200 Jahren wird von verschiedenen Seiten behauptet, die newtonische Theorie ist über alle Zweifel erhaben, sie stimmt mit der Beobachtung; die kleinen Differenzen werden mit den neuesten Verbesserungen ins Reine kommen. Aber die Geschichte dieser Flickereien ist höchst unerquicklich. Man änderte bald an der Masse, bald an der Entfernung und kam dann in Verlegenheit mit demjenigen Teil, der bisher stimmte.

Es wankt eben der Grund, worauf man baut. So wenig die unmittelbare Schwere heute zu den übrigen Kräften passt, ebenso wenig passen die seltsamen Mittel und Vermutungen, womit man der Theorie zu Hülfe kommt. Nur eine Radikalkur kann helfen.

Seltsam klingt die Behauptung, Jupiter und Saturn verwenden $^{19}/_{20}$ ihres Masseneinflusses gegenseitig auf sich und nur $^{1}/_{20}$ auf andere Weltkörper. Also klappt es hier nicht. Von Pallas und Ceres heisst es dagegen, sie stossen sich bei ihrer Annäherung ab, anstatt sich anzuziehen. Also klappt es hier wieder nicht. Für diese Ausnahmen besteht kein befriedigender Grund.

Wenn man sonst Tatsachen beobachtet, die nicht mit einer Theorie übereinstimmen, so wird letztere als mangelhaft bezeichnet und entsprechend verbessert. Freilich ist es unendlich schwer bei der newtonischen Theorie; deswegen muss immer ein Nebenumstand herhalten und modifizirt werden, wodurch nicht selten doppelte Inkonsequenzen entstehen.

Als Lindenau 1813 fand, dass die Berechnung Merkurs nicht mit der Beobachtung stimme, vergrösserte er beträchtlich die Masse der Venus. Drei Jahre später ergab sich aus den Mitteilungen Burkhardt's, dass die Masse der Venus beinahe um den 9. Teil vermindert werden musste. Gleicherweise sah sich Airy später veranlasst, die Masse des Mars zu vermindern, dagegen diejenige Jupiters um den 80. Teil ihres frühern Betrages zu vermehren.

Bei den unaufhörlichen Korrektionen der Tafeln, Veränderungen der Massen, der scheinbaren Durchmesser, der Abstände u. s. w. tröstet man sich mit der Hoffnung, nun endlich bald das Richtige gefunden zu haben. Ich suche aber den Fehler in der Theorie.

Ich will nur Einen unwahrscheinlichen Punkt herausgreifen, die allzu verschiedene Dichtigkeit so ähnlicher Weltkörper. Die

Erde verhält sich der Grösse nach zu Jupiter und Sonne wie 1 : 1435 : 1284800; der vermutlichen Masse nach wie 1 : 308 : 322800. Hat man denn irgend welchen, einigermassen annehmbaren Grund, dem einen Planeten die Dichtigkeit des Eisens, dem andern diejenige des Fichtenholzes beizulegen? Ist das gedenkbar bei der offenbaren Einheit des Ursprungs, bei der sichtbaren Einheit der Stoffe, sowohl des Sonnensystems als der übrigen Weltsysteme? Der innere Kern der Erde soll ein spezifisches Gewicht von 8 besitzen und derjenige der Sonne ein solches von 1,4?

Als mit dem 1. Tage unsers Jahrhunderts Piazzi die Ceres entdeckte, so schlugen verschiedene Versuche fehl, aus den erhaltenen Positionen des neuen Planeten nach den damaligen Methoden die Bahn zu bestimmen. Zu einer Zeit, wo man alle Geheimnisse der mechanischen Bewegung der Weltkörper gründlich zu kennen glaubte, musste man zuerst neue Wege aufsuchen. Gauss unterzog sich der Arbeit. Die ungewöhnliche Exzentrizität und Neigung waren widerspenstige Dinge. Nach einem Jahre waren Elemente, Ephemeriden und der Planet endlich gefunden.

Die Mond-, Planetentafeln u. s. w. werden übrigens weniger nach theoretischen Rücksichten, sondern nach praktischen Kunstgriffen und den bekannten Gleichungsreihen der Beobachtung immer mehr angepasst. Und doch genügt es nicht (Nr. 5).

123. Ein Beispiel der Massenbestimmung. Bekanntlich wird die Masse der von Trabanten umkreisten Planeten verhältnismässig leicht gefunden. Nach Newton verhält sich die Masse Jupiters zu derjenigen der Sonne wie 1 : 1067; nach Laplace wie 1 : 1066,09; nach Bouvard wie 1 : 1070,5; nach Gauss und Nicolai wie 1 : 1054 wegen Störungen der Juno; nach Enke wie 1 : 1050 wegen Störungen der Vesta; nach Wurm wie 1 : 1070; nach Airy wie 1 : 1047; nach Bessel wie 1 : 1047,879.

Die pariser Akademie hat dem Observator an der Sternwarte zu Strassburg, Dr. Schur, einen Preis zuerkannt für eine Arbeit über die Trabanten Jupiters und die Bestimmung der Masse dieses Planeten, worüber die leipziger, illustrirte Zeitung, Nr. 2080, Folgendes sagt: Der genannte Astronom verfolgte bei diesen Arbeiten von 1874—1880 einen doppelten Zweck, eine neue Bestimmung der Masse Jupiters und ferner genaue Grundlagen zu erhalten

zur Verbesserung der Damoiseau'schen Tafeln für die Bewegung der Jupitertrabanten, welche gegenwärtig nicht mehr genügende Uebereinstimmung zwischen Rechnung und Beobachtung ergeben. Bei der Wichtigkeit, von welcher die Masse Jupiters, des grössten Planeten in unserm Sonnensystem, in Bezug auf die Bewegungen der übrigen Glieder ist, kann es nicht verwundern, dass schon Newton dieselbe zum Gegenstand seiner Untersuchungen machte und viele Astronomen seit dieser Zeit sich ebenfalls derselben Aufgabe widmeten. Die gefundenen Werte der Masse Jupiters weichen nun allerdings von einander ab, so dass noch ein Zweifel über den definitiven Wert besteht, und es war daher gerechtfertigt, eine neue Ableitung dieses wichtigen Elementes zu unternehmen. Die Arbeit des Dr. Schur hat aber nach einer andern Seite hin ein sehr grosses Verdienst. Die nach der Laplace'schen Theorie von Damoiseau berechneten Tafeln der Jupitertrabanten zeigen jetzt eine merkbare Abweichung zwischen Rechnung und Beobachtung, und diese Differenzen sind hauptsächlich beim 4. Mond so beträchtlich, dass die Revision der Theorie der Jupitermonde und die der numerischen Werte, auf welche sie gegründet wurde, unerlässlich erscheint. Dr. Schur hat aus seinen Beobachtungen am Heliometer einen neuen Wert der Jupitermasse abgeleitet und findet ihn 1 : 1047,23, eine Zahl, welche mit der von Bessel und Airy ermittelten eine ziemliche Uebereinstimmung zeigt. Die Bewegung des 1. und 2. Jupitermondes hatten Bessel und Damoiseau als kreisförmig angenommen; Dr. Schur findet aber, dass man die Elliptizität dieser Bahnen nicht vernachlässigen darf und hat aus seinen Beobachtungen die Exzentrizität dieser beiden Bahnen ermittelt.

124. Die irdischen Verhältnisse. Seitdem Locke dem Satze Geltung verschaffte, dass man in der Naturforschung nach Beobachtung und Schluss vom Besondern zum Allgemeinen vorgehen solle, hat man in keinem Fach so sehr gegen diesen Grundsatz gesündigt wie in der genauen Vergleichung der kosmischen Erscheinungen mit den irdischen. Hätte man dem Sonnenlicht ähnliche Eigenschaften zugeschrieben wie der irdischen Flamme, so wäre man nie auf die dunkle Sonne mit mysteriöser Photosphäre verfallen. Uebrigens hat Newton diesem Grundsatz in der 2. Regel zum Philosophiren gehörigen Ausdruck gegeben.

Wenn wir aber die Erde näher ins Auge fassen, so treffen wir auf den ersten Blick eine Menge Erscheinungen, welche der allgemeinen Schwere, wie sie die newtonische Theorie lehrt, schnurstracks zuwiderlaufen. Der Kolben des Dampfstiefels kann, der Saft des Baumes muss die allgemeine Schwerkraft überwinden. Beim Wachstum der Baüme sind vorzüglich Wärme und Licht mitbeteiligt. Eine richtige Anziehungstheorie sollte auch durchblicken lassen, wie Wärme und Licht zu der Schwere stehen, und unter welchen Umständen sie diese modifiziren, ja überwinden können. Freilich verträgt sich die unmittelbare Schwere mit keiner andern Kraft.

Wie viele Millionen Pferdekräfte werden jährlich, ja täglich auf der Erde durch das Sonnenlicht hervorgebracht. Robert Mayer sagt darüber: Um sich von der ungeheuren Menge physischer Kraft, die von der Sonne jeden Tag auf den Erdball herabströmt, einen annähernden Begriff zu machen, will ich bemerken, dass sie der mechanischen Arbeit von mehr als 7000 Millionen Dampfmaschinen, deren jede 1000 Pferdekraft hat, gleich ist.

Davon nimmt aber die newtonische Theorie nicht die geringste Notiz. In neuerer Zeit wird etwa zugegeben, dass diese Wärme zum Wachstum der Pflanzen, zur Reife der Früchte verwendet werde. Das ist aber nur die Nebensache wie der Schein, welchen der Blitzstrahl verbreitet. Der tatsächliche Effekt ist bis auf heute verborgen geblieben, weil ihn die newtonische Theorie gar nicht kennt.

Die Gezeiten werden von Newton auch erklärt. Der Zusammenhang mit dem Mondlauf ist richtig; er war ja den Alten schon bekannt. Trotzdem lässt die Erklärung noch manches Rätsel ungelöst. Warum sollte nicht das Wasser jedes Gefässes, jedes Teiches, jedes Sees, die fragliche Erscheinung ebenso gut zeigen, ja noch besser als das Weltmeer? Sollte der Unterschied in der Höhe der Tiden zwischen der dem Monde zu- und abgewandten Seite der Erde nicht überdies merkbar sein? Die letztern Gegensätze, welche die Theorie hervorhebt, zeigen sich in Tat und Wahrheit nicht und der Gegensatz zwischen den offenen Meeren und den Binnengewässern, den die Theorie gar nicht berücksichtigt, zeigt sich tatsächlich nur zu gut.

Wegen falscher Vorstellungen über die Schwere, die Dichtigkeit, die Erdwärme u. s. w. waren gewisse Teile der Geologie

bisher lahmgelegt, und konnten nicht für die allgemeine Verwandlung der Weltkörper in die Schranken treten. Auch die Meteorologie steht noch weit zurück, um von der aufgefundenen Periode der Sonnenflecken, Nordlichter u. s. w. den richtigen Gebrauch zu machen.

125. Der Einwand gegen diese Mängel. Die Schwere, als unmittelbare Kraft aufgefasst, ragt noch in unsere Zeit hinein als Denkmal düsterer Jahrhunderte, wo die Metaphysik ihre üppigen Blüten trieb, wo man nicht nur von Sympathie, sondern von Sprache und Gesang der Sphären traümte. Aber die Anziehung der Weltkörper ist keine gewöhnliche Sympathie oder Antipathie, wie wenn einerseits 2 Freunde, die sich von ferne erblicken, ihre Schritte verdoppeln, oder wie wenn anderseits das Murmeltier, beim Anblick des Adlers, sich in den Bau verkriecht.

Jeder Irrtum verschleiert die Wahrheit und hemmt die Erkenntnis. Die Alten betrachteten die Erde als Mittelpunkt des Weltalls; deswegen blieben ihnen die wirklichen Bewegungen der Weltkörper fremd, und hielten sie sich für die alleinigen Herren des Weltalls. Dafür schien ihnen die unendliche Schöpfung sehr eng begrenzt; sie war ja weiter nichts als eine grossartige Illumination der Erde.

Wenn ich mir jemals erlaubte, Zweifel über die newtonische Theorie durchblicken zu lassen, so wollte man mich stets mit dem sogenannten, grössten Triumphe der astronomischen Wissenschaften zur Ruhe weisen, nämlich mit der Entdeckung Neptuns durch Leverrier (Nr. 104). Zwar hat der amerikanische Astronom Pierce († 1880), welcher die Tafeln dieses Planeten aufgestellt hat, offen erklärt, dass die von Leverrier angegebenen Bahnelemente Neptuns von den wirklichen so weit abweichen, dass man die Entdeckung nur dem Zufall zuschreiben könne. Und wenn auch die newtonische Theorie vollständig richtig wäre, so könnte man mit 13 Unbekannten nicht immer das Richtige treffen. Uebrigens hat Leverrier gegen das Ende seines Lebens sich mehrmals umsonst bemüht, ähnliche Triumphe zu feiern, z. B. mit dem intramerkuriellen Vulkan. Es fehlte nicht an Rechnungen und Prophezeiungen; aber der ersehnte Gast blieb aus.

126. Die Hypothese. In der Schlussanmerkung sagt Newton: Hypothesen ersinne ich keine. Er will wohl damit zeigen,

wie seine Theorie einzig auf die mathematischen Gesetze der Mechanik gegründet ist.

Wenn man aber die Sache näher besieht, so gebraucht Newton die Hypothese doch. Er will vielleicht sagen, dass er kein Freund von vielen Hypothesen ist. Indessen ist auch das nicht massgebend. Eine einzige Hypothese von solcher Tragweite wie die Schweretheorie wiegt viele andere Hypothesen auf; wie es auf dasselbe herauskommt, ob ich eine grosse Hauptsumme oder viele einzelne Posten von demselben Betrage borge.

In Wahrheit trachtet Newton darnach, die Hypothese möglichst aus der Naturphilosophie zu verbannen. Da ist er aber auf einem Abwege; denn die Hypothese ist im Verein mit Beobachtung und Schluss das richtige Mittel, um zur Wahrheit zu gelangen. Newton hat also die Hypothese mehr als notwendig aus der Naturwissenschaft verdrängt und wie es in solchen Dingen gewöhnlich geschieht, so haben die Nachfolger den Meister in dieser Beziehung noch überboten. Was war die Folge davon? Der theoretische Teil der Naturwissenschaft wurde zu stark vernachlässigt. Es wollte sich Niemand mühsamen Hypothesen widmen, um schliesslich mit Hohn überschüttet zu werden. Seit mehr als einem Jahrhundert macht man immer neue Entdeckungen auf dem Gebiete der Elektrizität; aber die Theorie dieser Naturkraft ist seit den mangelhaften Anfängen nicht vervollständigt worden. Der Weltäther hat noch nie eine allseitige Theorie erhalten. Es liessen sich noch viele derartige Beispiele anführen. Es ist an der Zeit, das Versaümte nachzuholen und die mangelhaften Theorien den Beobachtungen ebenbürtig zu machen.

Kapitel 2.

Mängel des kantschen Weltsystems.

127. Die Planeten. Die Zeitgenossen Kant's klagten über die schwere Sprache seiner Philosophie. Seitdem sind andere Philosophen aufgetreten. Wir kehren aber behaglich wieder zu Kant zurück, den wir im Gegensatz zu vielen seiner Nachfolger

sehr leicht verständlich finden. Es ist etwas Aehnliches mit seinem Weltsystem. Es beruht zwar nicht wie dasjenige Newton's und Laplace's auf zahlreichen und schwierigen mathematischen Entwicklungen; aber es geht von den irdischen Verhältnissen aus und kommt zu hausbackenen Schlüssen, die uns im Allgemeinen ansprechen.

Schon 1665 hatte Cassini die Zeit der Achsendrehung Jupiters nahezu richtig herausgefunden; dagegen erst 1793 und 1794 Wilhelm Herschel diejenige Saturns zu 10 Std. 16 Mt. 0,4 Sk. ermittelt. Es ist deswegen eigentümlich, dass Kant auf Seite 29 die Ansicht ausspricht, dass die entfernten Planeten sich in derselben Zeit um ihre Achsen drehen wie die nähern; während er auf Seite 50 einen plausibeln Grund für die schnellere Drehung der entfernten Planeten darin findet, dass sie einen grössern Wirkungskreis haben, folglich mehr Teilchen auf sie niedergestürzt sind, deren Fall die Achsendrehung bewirkte.

Wie Kant keines ersten Anstosses bedarf, um die Rundbahn eines Planeten einzuleiten, so sucht er auch geschickt aus der ursprünglichen Bewegung der einzelnen Teilchen die Achsendrehung zu bewerkstelligen. Er ist zwar auf falscher Fährte, so gut wie Newton und Laplace, was später auseinandergesetzt wird.

In Beziehung auf die noch heiklere Frage, die Dichtigkeit, (32 u. s. w.) meint wohl Kant, wenn die Gottheit auf die Anordnung der einzelnen Schichten der Weltkörper einwirke, so werden die leichtern und schwerern Teile so ausgeschieden, dass die Sonnenglut den nähern Weltkörpern nichts anhaben könne. Die neue Theorie wird die Entfernung und die Dichtigkeit der Planeten von einem prinzipiellen Standpunkt erörtern.

Kant meint ferner, der Mond sei dichter als die Erde, was ich auch unterstütze. Nach der jetzigen Theorie verhält sich aber der Mond zur Erde dem Volumen nach wie 1 : 49,38 und der Masse nach wie 1 : 81,6; seine Dichtigkeit wäre also bloss 0,6 derjenigen der Erde.

Es ist richtig, die Hauptkörper müssen grösser sein als die Nebenkörper; allein ihre gegenseitigen Beziehungen für Vergangenheit und Zukunft hat Kant nicht durchschaut.

Eigentümlich ist die Ansicht, wie die Sonne aus den Teilchen jenseits des Saturns ihren leichten Brennstoff erhalten habe. (35) Viel Scharfsinn verraten auch die (36—39) Bemerkungen über

Grösse, Sonnenabstand, Absorption und Dichte der Weltkörper, wenngleich dieselben nicht immer mit dem Tatbestand harmoniren.

Eigentümlich ist ferner die Meinung Kant's, dass die Exzentrizität der Planeten mit dem Sonnenabstand zunehme, dass somit über den Saturn hinaus wahrscheinlich noch Planeten mit grösserer Exzentrizität vorkommen, und dass endlich ausserhalb der Planeten die Kometen auftreten, nicht als eine besondere Gattung, bloss als eine besondere Stufe von Weltkörpern (40—42). Die erste Meinung ist unrichtig, wie die Beobachtung zeigt; für die letztere Behauptung stehe ich dagegen ein.

128. Die Kometen. Nach Kant ist die grosse Exzentrizität das Hauptmerkmal der Kometen, die aussergewöhnlichen Atmosphären und Schweife eine Folge davon. Was würde er aber zu den Kometen sagen, welche von der Jupiterbahn eingeschlossen sind? Ferner findet Kant, dass die grosse Neigung der Kometen mit ihrer Exzentrizität zusammenhange. Aber den gemeinschaftlichen Grund für die beiden Erscheinungen findet er nicht heraus.

Die Rücklaüfigkeit der Kometen will ihm nicht recht einleuchten, er möchte sich beinahe überreden, dass es eine optische Taüschung sei.

Kant wird dann auf einmal inne, dass nach seinen Konsequenzen die Kometen im gleichen Verhältnis grösser sein sollten als die äussern Planeten, wie diese grösser sind als die innern. Es ist eben fatal, wenn man von falschen Voraussetzungen ausgeht. Sie helfen momentan aus der Klemme; aber bereiten dafür 100 Verlegenheiten. Kant weiss sich zwar zu helfen. Der Stoff der Kometen ist leicht und sammelt sich aus Mangel an Zentralkraft nicht in grossen Massen auf einer bestimmten Fläche, sondern fällt in kleinern Partien zur Sonne herab.

Kant berührt auch den Punkt, ob die Kometen mit der Zeit ihre Exzentrizität vermindern. Ein sehr wichtiges Thema. Da er aber keine entsprechende Veränderung der Planeten kennt, so lässt er die Sache auf sich beruhen.

Endlich kommt noch die Vergleichung der Kometen mit dem Nordlicht, wie es dem Sachverhalt kaum entspricht (46).

129. Die Trabanten. Nach Kant ist die Bewegung der elementaren Materie die Ursache von der Achsendrehung der Pla-

neten und von der Bildung der Monde. Ich habe 2 verschiedene Ursachen für die beiden Erscheinungen.

Ferner meint Kant, nicht die Richtung der Rundbahn des Planeten, sondern dessen Anzíehung bestimme die Richtung der Monde (47 und 48).

Wann bekommt ein Planet Trabanten? — Darauf antwortet Kant für seine Zeit sehr scharfsinnig: Wenn der Wirkungskreis eines Planeten sehr ausgedehnt ist, so dass die einzelnen Teilchen eine selbständige Geschwindigkeit und genug Stoff zu einer Weltenkugel erhalten. Es ist interessant, wie er für den Mars diesen Vorzug auch beansprucht und beilaüfig auch von dem damals oft erwähnten Venusmond spricht. Ebenso charakteristisch für Kant sind die weitern Fragen: Warum hat der Mond keine Achsendrehung? oder richtiger: Warum fällt beim Mond die Zeit der Achsendrehung mit derjenigen des Rundganges zusammen? Warum ist der Aequator des Mondes nicht mit seiner Bahn in derselben Ebene?

Daran knüpft Kant die Frage über die Stellung der Planetenachsen, worauf er für den damaligen Stand der Wissenschaften einen annehmbaren Grund angibt (52—55).

130. Der Saturnring. Kant glaubt, Saturn sei früher kometenartig gewesen, bei einer Sonnennähe sei der leichte Stoff über die Oberfläche gehoben und bei grossem Sonnenabstande zu einem Ring kondensirt worden. Seine Anschauung findet man zwar interessant, auch wenn man nicht damit einverstanden ist (56—59). Ueber den Vorteilen, die der Ring gewähren kann, vergisst er die Nachteile.

Sehr sinnreich ist das Verfahren Kant's, aus der Umlaufszeit der Saturntrabanten auf die Geschwindigkeit der Achsendrehung des Planeten zu schliessen. Und wenn er auch nicht das Richtige trifft, sondern 6 Std. 23 Mt. 53 Sk. anstatt 10 Std. 16 Mt., wie Herschel etwa 40 Jahre nachher fand, so wird man später ersehen, warum ein Fehler sich ergeben musste.

Schon Kant frägt sich, warum kein anderer Planet einen Ring habe; aber er gibt eine unbefriedigende Antwort.

Dann spricht er von der Möglichkeit, dass die Erde seinerzeit von einem Ringe umgeben war, der zur Zeit der grossen Flut das

Wasser geliefert habe. Auch hält er das Zodiakallicat für eine ähnliche Ringbildung.

131. Die Sonne. Indem ich die Weltsysteme übergehe, weil ich mich hauptsächlich auf das Sonnensystem beschränke, berühre ich noch einige Punkte über die Sonne.

Kant frägt vorerst: Warum ist die Sonne feurig und andere Weltenkugeln dunkel? — Er gibt eine Antwort, die heute nicht mehr befriedigt, so wenig als die weitern Betrachtungen, die er über die Luft, den Salpeter u. s. w. anstellt. Aber es werde nochmals hervorgehoben, dass Kant eine richtigere Vorstellung von der Sonnenglut hatte als seine jüngern Zeitgenossen.

Kant sagt auch, bei einem flammenden Feuer wirke die Hitze fast nur über demselben. Ich mache auf diesen Satz aufmerksam, weil gewisse irdische Verhältnisse darauf beruhen.

Mit Wehmut bekennt er weiter die Hinfälligkeit der materiellen Natur, indem er von der Sonne sagt: Immerhin sieht man die deutlichen Merkmale der Vergänglichkeit auch an diesem unschätzbaren Feuer, das die Natur zur Fackel der Welt aufgesteckt: Ihre Flamme wird dereinst erlöschen.

Ehe diese Fackel ein für allemal auslöscht, sagt er (91) an einer andern Stelle, werden die Planeten und Kometen insgesamt auf sie niederstürzen, so dass ihre Glut einen unermesslichen Zuwachs bekommt.

Woher die Triebkraft zum Niederstürzen und woher die Vermehrung der Glut? — Ganz ähnlich wie die neutestamentlichen Weissagungen über das Ende der Welt im Zeitalter des ptolemäischen Systems.

132. Bewohnbarkeit der Weltkörper. Wenn man die albernen Dinge durchgeht, welche die Vorgänger Kant's mit Ausnahme von Huygens über diesen Gegenstand von Stapel gelassen haben, so ist man Kant danbar für die würdige Weise, mit welcher er an diese Aufgabe herantritt. Es lag eine Errungenschaft des vorigen Jahrhunderts in dem Satz: Man braucht nicht gerade anzunehmen, alle Planeten müssen bewohnt sein, ob es gleich ungereimt wäre, dies in Ansehung aller oder auch nur der meisten zu leugnen.

Wie bestechend ist ferner der Gedanke, dass nach dem Mass der körperlichen Ausbildung die Fähigkeiten der denkenden Wesen zu dem gehörigen Grade der Vollkommenheit gelangen. Indessen war es Kant nicht vergönnt, den Schleier des Geheimnisses weiter zu lüften. Seine Mutmassungen über die Bewohner der innern und aüssern Planeten entbehren eines tiefern natürlichen Grundes und haben geringen Wert. Zwar ist über diesen Punkt noch wenig Wahrscheinliches zu Tage gefördert worden. Der in Nr. 110 mitgeteilte Satz Proctor's über die Bewohnbarkeit der Weltkörper beruht auf den Erfahrungen, welche wir von der Erde ableiten können und besitzt deswegen grosse Wahrscheinlichkeit. Die nähern Gesichtspunkte, welche die neue Lehre in dieser Angelegenheit geben kann, werden erst später erörtert.

Kapitel 3.

Mängel der laplaceschen Theorien.

133. Bildung und Bewegung der Planeten und Trabanten. Ich will die Reihenfolge der 5 Erscheinungen (Nr. 81) innehalten. Allein da die Planetoiden numerisch stark überwiegen, lässt sich nicht mehr mit der frühern Bestimmtheit von den Bewegungen der Planeten nach derselben Richtung und beinahe in derselben Ebene reden. Eine grosse Zahl weicht von dieser Ebene mehr als 20° ab, Pallas sogar 34° 41′. Wie erklärt nun Laplace den Vorgang? Seine Worte sind in Nr. 83, Absatz 2 enthalten. In erster Linie redet er von einem Dunstring, der in mehrere Teile zerfallen sei und in zweiter Linie von einem grössern Teile, welcher allmälig die andern absorbirt habe. Diesen letzern Fall hält er für den gewöhnlichen, und den ersten Fall nimmt er für die Planetoiden in Anspruch. Das vertrug sich noch mit den Anschauungen jener Zeit, wo nur 4 Planetoiden bekannt waren. Aber heutzutage würde Laplace den tatsächlichen Verhältnissen mehr Rechnung tragen. Er berührt auch die Olbers'sche Ansicht, nach welcher die Planetoiden ursprünglich einen grössern Planeten gebildet

hätten, der durch Explosion in mehrere Teile zersprengt worden wäre, die verschiedene Bahnelemente erhielten.

Man kann es Laplace nicht verzeihen, dass er diese Mutmassung nicht rundweg zurückgewiesen hat. Denn wo bleibt die Konsequenz? Wenn die übrigen Weltkörper eines ersten Anstosses bedürfen, wie kann man hier dem Zufall einer Explosion die nötigen Vorsichtsmassregeln für das ganze Sonnensystem überlassen? Nach anderweitigen Erörterungen von Laplace könnten sogar ungeheuerliche Rundgänge, rücklaüfige Bahnen entstehen, die den Zusammensturz des ganzen Systems veranlassen müssten. Hier ist Laplace sich selbst untreu geworden.

Wenn man aber die ursprünglich laplacesche Ansicht von der Ablösung einzelner Teile eines grossen Dunstringes auf die Planetoiden anwendet, so frägt man sich billig bei ihrer grossen Anzahl, wie die sehr bedeutenden Verschiedenheiten ihrer Bahnelemente sich ergeben konnten. Mit dem gleichen Rechte könnte Merkur, Venus, Erde und Mars aus einem einzigen Dunstringe entstanden sein.

Wie sonderbar ist die Bildung der übrigen Planeten! Vorerst hätten sich aus einem Dunstringe mehrere Teile gebildet, und der mächtigste derselben hätte sich die übrigen allmälig einverleibt. Wo hinaus laüft die Konsequenz bei diesem Eroberungssystem? — Und gerade Laplace übernimmt den Beweis für die Stabilität des Sonnensystems.

Was die 2. und 3. Erscheinung betrifft, so stimmen Bewegung und Richtung der Planeten und Trabanten unsers Systems bis auf die Uranusfamilie. Und doch kann ich die Behauptung nicht unbeschränkt anerkennen. Einstweilen will ich die Sache auf sich beruhen lassen.

Bei dieser Weltenbildung sieht man nicht ein, warum die Sonne ihren Entwicklungsprozess schon eingestellt haben sollte, während sie noch so grossen Umfang hat. Nach Laplace müsste sich die Sonne um so schneller drehen, je mehr sie sich zusammengezogen hat. Jedenfalls könnte man den Prozess der Neubildung nicht nur beliebig einstellen, wenn er unbequem würde, sondern es müsste nachgewiesen werden, wie die wirkenden Kräfte sich allmälig anders gestalten.

Auch andere Einzelnheiten der Weltenbildung sind geheimnisvoll; z. B. die Moleküle der Parallelkreise sind durch ihre

Schwere dem Aequator näher gebracht worden, die Dunstzonen haben durch ihre Verdichtung und die gegenseitige Anziehung ihrer Moleküle verschiedene, konzentrische Dunstringe bilden müssen. Wenn man sich eine hohle Dunstkugel denkt, die zum Radius den Sonnenabstand Neptuns hat, so muss man sich mehr Mühe geben, um ungezwungen zu erklären, wie der abgelöste Teil einzig in der Richtung des Sonnenäquators weggeschleudert werden konnte, um in Bewegung, Richtung, Neigung und Exzentrizität bestimmten Vorschriften oder Anordnungen zu genügen.

134. Der erste Anstoss betreffend Achsendrehung. Aus der Art und Weise, wie Laplace die Bildung der Planeten erklärt, liesse sich vermuten, dass er des ersten Anstosses entbehren könnte, und dass er ihn deswegen bekämpfte. Das ist aber nicht der Fall; im Gegenteil wird dieser Anstoss von ihm und seinen Nachfolgern, z. B. Littrow noch mehr ausgebeutet. Ich teile 2 Stellen mit aus Laplace, Expos. d. Weltsyst. Vorerst III, 5: Es ist unendlich unwahrscheinlich, dass der erste Anstoss (projection primitive) der Planeten, der Satelliten und der Kometen genau durch ihren Schwerpunkt ging; darum müssen sich alle diese Weltkörper auch um ihre Achse drehen. Ferner IV, 8: Nach einer grossen Anzahl Schwingungen wird der flüssige Weltkörper in Folge der Reibung und des Widerstandes in diesem Zustand fixirt, und zwar genau bestimmt durch die ursprüngliche Bewegung (mouvement primitif). Mögen die ursprünglichen Kräfte der Moleküle ganz beliebig sein, so wird die Achse, welche durch den Schwerpunkt der flüssigen Masse geht, und für welche das Moment der Kräfte ursprünglich ein Maximum war, zur Drehachse.

J. J. Littrow sagt in seinen Wundern des Himmels, Band III, Kapitel 8: Ein ursprünglicher, eben der erste Anstoss bestimmte die Stärke des Umlaufs und die Gestalt des Kegelschnittes ihrer Bahn. Es lässt sich derjenige Punkt des Halbmessers bestimmen, auf welchen der Stoss gerichtet war. Bei der Erde ist er nahe 0,006 eines Halbmessers von ihrem Mittelpunkt entfernt, bei Jupiter nahe 0,38 seines Halbmessers; weswegen die Umdrehungszeit nicht völlig 10 Stunden beträgt. Beim Mond war dieser Punkt nur 0,002 seines Halbmessers entfernt; weswegen seine Achsendrehung volle 27,3 Tage dauert.

Jeder Punkt derjenigen Hälfte des Planeten, die eben der Sonne zugekehrt ist, hat eine doppelte und in ihrer Richtung entgegengesetzte Bewegung. Erstere rührt von der Bahn, letztere von der Achsendrehung her. Diese ist um so grösser, je weiter der Punkt vom Mittelpunkt absteht, der sich ja nicht bewegt. In dieser der Sonne zugekehrten Hälfte des Planeten gibt es einen Punkt, dessen jährliche östliche Bewegung genau gleich der täglichen westlichen ist, und der daher während der doppelten Bewegung des Planeten als vollkommen ruhend betrachtet werden kann. Man nennt ihn in der Mechanik: Mittelpunkt der freien Bewegung. Seine Entfernung vom Mittelpunkt des Planeten wird erhalten, wenn man 0,4 durch die Entfernung des ursprünglichen Stosses dividirt. Für die Erde ergibt sich also 0,400 : 0,006 = 66$^{2}/_{3}$ Erdhalbmesser, d. h, ein Punkt zwischen Sonne und Erde; für Jupiter 0,40 : 0,38 = 1,06 seines Halbmessers, also ein Punkt nahe an seiner Oberfläche; für den Mond 0,400 : 0,002 = 200 Mondhalbmesser (beinahe 60 Erdhalbmesser), also ein Punkt, der nahezu in der mittlern Entfernung von Mond und Erde ist.

Der ursprüngliche Stoss musste mit der Ekliptik parallel sein und zugleich nahezu senkrecht auf den ursprünglichen Sonnenabstand. Der gleiche Stoss bewirkte ferner die tägliche Achsendrehung und musste also auch in der Ebene des Aequators und parallel mit dem Aequator stattfinden. Also, fährt Littrow fort, ist die Erde entstanden, als die Absiden mit den Sonnenwenden zusammenfielen, z. B. — 9204 oder — 19656 oder — 30108 u. s. w.

135. Der erste Anstoss betreffend Rundgang. Die Stärke des ersten Anstosses bestimmt also die Geschwindigkeit eines Weltkörpers in seinem Rundgange. Und doch besteht ein bestimmtes Verhältnis über die Geschwindigkeit der Planeten in ihrem Rundgang je nach ihrem Sonnenabstand, worüber das 3. keplersche Gesetz sich schon deutlich ausspricht. J. J. Littrow sagt ähnlich in seinen Wundern des Himmels, Stuttgart 1833/35, Band I, Seite 292: Die Fläche, welche der Leitstrahl eines Planeten beschreibt, verhält sich zu der Zeit, in welcher sie beschrieben wird, wie das Produkt von 2 beständigen Grössen. Von diesen 2 Grössen ist die eine gleich der Quadratwurzel aus dem Semiparameter und gehört daher jeder einzelnen Planetenbahn ausschliesslich an; die andere ist aber eine allen Planetenbahnen gemeinschaftliche, be-

ständige Grösse, die sich leicht bestimmen lässt, wenn man nur die Fläche einer einzigen dieser Planetenbahnen mit ihrem Parameter und der Umlaufszeit des Planeten in dieser Bahn kennt. Drückt man die Umlaufszeiten in Tagen aus, so findet man für die gemeinschaftliche Konstante aller Planeten- und Kometenbahnen die Grösse 0,017202. Sie ist unserm Planetensystem eigentümlich, gleichsam die Charakteristik.

Wie kann man aber angesichts solcher bestimmter Gesetze die Geschwindigkeit des Rundganges vom ersten Anstoss abhängig erklären? Wie kann Laplace in Nr. 83, Absatz 2, die Bildung der Planetoiden entweder dem Zufall der Explosion oder dem bewegenden, ersten Anstoss überlassen? Man tröstet sich freilich auf wohlfeile Art, indem man sagt, die Gottheit wirke nur zum Heile der Schöpfung und jede ungesetzliche Störung sei ausgeschlossen.

Auf dem Gebiete der Astronomie gibt es neben der unmittelbaren Schwere keine grössere Ungereimtheit als den ersten Anstoss. Wir brauchen ihn bis auf den heutigen Tag, um fadenscheinige Theorien zu bemänteln. Die Bewegungen der Weltkörper regeln sich aber nach allgemeinen Gesetzen und jeder weitere Eingriff ist ausgeschlossen. Wären unsere Kenntnisse in der physikalischen Geographie noch auf einer sehr niedrigen Stufe, so würden wir wahrscheinlich für unsere Bäche und Flüsse auch einen ersten Anstoss beanspruchen.

136. Die Monde. Laplace sieht die Konsequenzen des ersten Anstosses auf die Bewegungen der Monde sehr gut ein. Sie passen ihm aber nicht. Er kann sich zwar schwer in den Gedanken finden, dass durch den ersten Anstoss die Achsendrehung und der Rundgang der Trabanten zusammengefallen seien. Er sucht sich die Sache einigermassen zurechtzulegen, indem er zugibt und annimmt, dass ursprünglich keine volle Uebereinstimmung der beiden Perioden geherrscht habe, sondern dass sie erst nach Verlauf von Jahrtausenden durch die fortwährende Wirkung der Schwere eingetreten sei. Aber Laplace verstrickt sich mit seiner Lösung in neue Schwierigkeiten.

Seit 2000 Jahren ist der Rundgang des Mondes etwas schneller geworden. Ist nun seine Achsendrehung gleich geblieben, oder hat sie mit dem Rundgang Schritt gehalten? — Letzteres ist der Fall.

Wie ist das möglich, wenn diese Drehung an und für sich gar keine Veränderung zulässt? Die Newtonianer nehmen bekanntlich an, die Rundgänge der Erde und der übrigen Planeten seien konstant, weil bedingt von der Stärke des ersten Anstosses. Nur mit der Volumänderung müsste auch eine Zeitänderung eintreten.

Die Erde muss nun herhalten und zwar auf wunderbare Weise (Nr. 93). Der Mond war nämlich bei seiner Entstehung flüssig und zeigte der Erde immer die gleiche Seite; deswegen erhielt er auf diese Seite hin die grösste Achse, wärend die Drehachse zur kleinsten wurde. Für keine dieser Behauptungen hat Laplace den geringsten Beweis, also keinen weitern Anhaltspunkt als seine Phantasie. Ja, die erwähnte Abplattung entging den schärfsten Instrumenten. Hat ein solcher Schluss irgend welchen Wert? Wie steht es mit der Konsequenz, wenn auf einmal der ganzen übrigen Weltenbildung entgegen, der Mond bei seiner Entstehung oder seiner Ausbildung flüssig gewesen sein soll? Wäre dann nur der Mond anders gewesen? Die Erde hat offenbar auch verschiedene Stadien durchgemacht, die Sonne ebenfalls. Es liegt also auf der Hand, dass damals Erde und Sonne auch grösser waren als jetzt und sich auch langsamer gedreht hätten als jetzt. Glaubt denn Jemand, der entstehende Mond sei genau in der jetzigen mittlern Entfernung gestanden und habe damals in 27⅓ Tagen zumal seine Achsendrehung und seinen Rundgang vollendet? Das wäre sehr primitiv. Die neue Theorie wird solchen Ansichten keinen Vorschub leisten.

Hat man einen Anhaltspunkt für die Eispitze, welche der Mond der Erde zuwenden soll? Im Gegenteil; alle Einzelnheiten der Libration widerlegen diese Meinung.

Indessen muss man Laplace gerecht werden. Er erklärt es für aüsserst unwahrscheinlich, dass der erste Stoss die beiden Bewegungen haarscharf abgewogen und ausgeglichen habe. Er ist sich bewusst, dass dieser Stoss bei der Erde und den übrigen Trabantensystemen nicht so genau abgezirkelt werden konnte, um solchen Anforderungen zu genügen. Nun soll aber die gegen die Erde gerichtete Eispitze des Mondes aus der ursprünglichen Ungleichheit allmälig eine Gleichheit, aus einer Unmöglichkeit eine Möglichkeit machen. Die irdische Anziehung auf diesen Mondvorsprung soll pendelartige Bewegungen veranlassen, die mit der

Länge der Zeit die genannten Perioden völlig ausgleichen. Laplace gibt freilich der Wahrheit die Ehre in dem Bekenntnis, dass diese Bewegungen trotz grosser Anstrengungen nicht erkannt worden seien. Immerhin hält er an seiner frühern Ansicht mit einer Zähigkeit, die eines bessern Zweckes würdig wäre.

Die Betrachtungen über den Mond und die Kometen übergehe ich absichtlich, um sie später zu behandeln. Dabei füge ich noch ein weiteres Zitat bei, Laplace, Expos. d. Weltsyst. IV, 5: Vielleicht ist der Mond in grauester Vorzeit selbst ein Komet gewesen und der Erde nahe gekommen, wie gewisse Philosophen annahmen, gestützt auf die sonderbare Meinung der Arkadier, welche sich für älter hielten als der Mond. Aber man findet mit Hülfe der Analysis, dass der Mond sich immer in einer nahe kreisförmigen Bahn um die Erde bewegt, wie die Planeten sich um die Sonne bewegen, und dass ein solcher Ursprung unsers Mondes oder irgend eines Satelliten unwahrscheinlich ist. —

Ich protestire vorlaüfig gegen den Satz, dass man mit Hülfe der Analysis herausfinde, dass der Mond sich immer in einer beinahe kreisförmigen Bahn um die Erde bewegt habe. Die Analysis kann durch geschickte Anwendung wohl gewisse Fehler aufdecken; aber nicht Erscheinungen aufstellen, welche nur Sache der Beobachtung sind. Sie kann uns die Gesetze bestimmter Kurven darlegen; sie kann aber die Kurven der mit lebendiger Kraft bewegten Weltkörper nicht ein für alle Male festsetzen und nicht von einem Fall auf unbestimmte Fälle schliessen.

137. Die Exzentrizität. Was endlich die 4. und 5. Erscheinung betrifft, die geringe Exzentrizität der Planeten- und Trabantenbahnen und die grosse Exzentrizität der Kometenbahnen, so hat sich diese Anschauung überlebt, weil die Exzentrizität mehrerer Planetoiden über 0,3 beträgt (bei Doris soll sie sogar 0,7 erreichen), während z. B. der Komet von Faye eine Exzentrizität von 0,56 und derjenige von Tempel eine solche von 0,51 aufweist. Wenn die Neuzeit auch in dieser Beziehung Laplace überholt hat, so wundert man sich, wie dessen Theorie noch so grosses Ansehen geniesst.

Hier kann man sich noch an dem Ausdruck stossen: Trotzdem die Neigung der Kometenbahnen dem Zufall überlassen wurde. Laplace übersieht hier etwas. Was würde er wohl auf

die Frage antworten: Warum gibt es denn keine Kometen mit sehr geringer Neigung? Diese Sache ist sehr interessant. Das ist eine der schönsten Partien der neuen Lehre, worin sie zeigt, wie unter Umständen die Kometen rücklaüfig sein müssen, aber im Allgemeinen nicht geringe Neigung haben können.

138. Die Kometen. Es finden sich einzelne Stellen bei Laplace, z. B. Expos. d. Welts. IV, 2, wo er die Kometen als einen Teil des Sonnensystems ansieht; aber im grossen Ganzen betrachtet er sie (Nr. 84) als Fremdlinge und Irrsterne, welche von Sternsystem zu Sternsystem ziehen. Wenn man dieser Ansicht beipflichtet, so müsste man mit grosser Wahrscheinlichkeit auch zugeben, dass unser Sonnensystem ebenfalls eine annähernd gleiche Anzahl dieser Sendboten in andere Sternsysteme ausgeschickt hätte oder noch ausschicken würde. Indessen zeigt es sich, dass eine immer grösser werdende Zahl Kometen periodisch wiederkehren und sich als Bürger unsers Sonnensystems erklären.

Wie beweist man denn, dass die Kometen aus andern Systemen stammen? Mit der parabolischen oder hyperbolischen Bahn. Das hat etwas Richtiges. Aber wenn mit der Zeit immer mehr Kometen, denen man früher Parabeln oder Hyperbeln beilegte, in langgestreckten Ellipsen auftreten, so wird man Nachsicht walten lassen. Freilich entschuldigt man die Aenderung bisweilen, dass die Anziehung gewisser Planeten sie bewirkt habe. Doch muss man auch zugeben, dass die Bahnen dieser Schweifsterne von Anfang an Ellipsen mit starker Exzentrizität sein könnten, und dass man sie in diesem Fall als Bürger unsers Sonnensystems anerkennen müsste. Der Raum ist ja gross zwischen der Sonne und Neptun, und wie viel grösser zwischen der Sonne und ihren nächsten Fixsternen. Man muss also noch weitere Punkte dieser Frage erörtern.

Laplace sagt in dem vielgenannten Werke IV, 2: Das ist das Loos jener glänzenden Entdeckung Newton's gewesen, dass jede Schwierigkeit, die ihr beilaüfig erwuchs, für sie zu einem neuen Triumphe wurde; was das sicherste Merkmal des wahren Systems der Natur ist. — Wie findet sich dann Laplace in diesem Punkte veranlasst, das Gegenteil Newton's aufzustellen?

Hören wir noch einen andern Newtonianer, Mädler, populäre Astronomie, Berlin 1849, Seite 296—300, im Auszuge: Früher wur-

den die Kometen als werdende Planeten angesehen; aber dann müssten umgekehrt die Planeten einst Kometen gewesen sein, was mit der grossen Exzentrizität dieser letztern unverträglich ist. Wenn Merkur, Venus und Erde ehemalige Kometen wären, so müsste noch eine Spur ihres frühern Zustandes vorhanden sein, oder dann müssten ihre Kometen von Anfang an planetare Bahnen gehabt haben. Der Uebergang aus der rücklaüfigen Bahn in die rechtlaüfige wäre im Einzelnfall gedenkbar, nicht aber im Ganzen. Endlich steht auch die Masse der Planeten einer solchen Auffassung entgegen. Die Weltkörper sind Individuen, sie gruppiren sich zu Arten und Klassen. Jeder Weltkörper bleibt durch alle Zeiten, was er einmal gewesen ist. Obschon die astronomische Kenntnis nicht erlaubt und noch lange nicht erlauben wird, einen entscheidenden Beweis für letztere Behauptung zu führen, so ist sie doch die wahrscheinlichste. Wie kein Tier, keine Pflanze seit den ältesten Zeiten vollkommener oder anders geworden, so wird es bei den Weltkörpern sein. Es gibt nur eine Stufenfolge neben einander, nicht nach einander. Nach welchem Massstab soll man Höheres und Niederes messen? Jedes Wesen bildet etwas, das seine eigentümliche Bestimmung erfüllt. Nicht besser begründet sind die Ansichten, die Kometen stürzen in die Sonne oder gehen aus ihren Flecken heraus oder sie werden von den Planeten angezogen, um sich mit ihrer Atmosphäre zu vermischen oder um sie als Monde dienstbar zu machen. Das wären ja lauter Fehler der Schöpfung.

Man kann es Mädler nicht verargen, wenn er sich damals noch so antidarwinistisch ausdrückte; er täte es heute wohl nicht mehr. Ferner muss man sich hüten, jede Metamorphose in der Natur sofort als einen Fehler der Schöpfung zu erklären. Wiederholung, Wechsel und Entwicklung lösen sich in der Natur immer ab.

Nach Nr. 135 haben die Kometen dieselbe Charakteristik wie die Planeten unsers Systems. Wären sie nach Laplace Fremdlinge, welche in verschiedenen Sternsystemen den Anstoss erhielten, so erwüchsen ausserordentlich grosse Schwierigkeiten, damit die Geschwindigkeit aller Kometen beim Eintritt in unser System und wahrscheinlich in jedem andern System sich einem bestimmten Gesetze genau fügen könnte.

Nach Laplace (Nr. 84, Schluss) haben die Kometen auch die Mission, gelegentlich durch ihren Fall die Bahn- und Aequatorebenen der Planeten von der ursprünglichen Ebene des Sonnenäquators abzulenken. Wie bequem! — auch hier sind die Konsequenzen vernichtend. Wollte man den Schluss nur einigermassen weiterführen, so bestünden längst keine Kometen mehr. Auch könnte man mit viel Wahrscheinlichkeit beweisen, dass bei den Planeten die Abweichungen im Verhältnis der Grösse vorkämen, indem kleinere Planeten viel weniger Kometen ablenken könnten als grössere. Und doch sind die kleinern die unregelmässigern, besonders die Planetoiden.

139. Die Meteore. Früher betrachtete man die Meteore als Gebilde unserer Atmosphäre. Auch Laplace lässt diese Ansicht (in Nr. 87) noch vielfach durchblicken, und spricht sich endlich dahin aus, dass es vulkanische Produkte unsers Mondes sein könnten. Die wissenschaftlichen Ergebnisse über diese Materie sind in Nr. 109 angegeben. Darnach bewegen sich die Meteore um die Sonne wie die Planeten, oder vielmehr wie die Kometen, indem ihre Bahnen an Gestalt, Grösse und Lage mit denjenigen gewisser Kometen übereinstimmen. Zu bestimmten Zeiten des Jahres kann die Erde in den Bereich solcher Meteorzüge kommen und die bekannten Erscheinungen veranlassen. Die Entdeckung des innern Zusammenhanges zwischen Kometen und Meteoren ist eine der schönsten Errungenschaften der Neuzeit; sie ist aber nicht das Ergebnis der newtonischen Schweretheorie, sondern dasjenige der genauen Beobachtung und des vorurteilsfreien Schlusses.

140. Die Schwere. Wie in Nr. 88, Absatz 2, erwähnt, machte Laplace den Versuch, die Schwere als eine mittelbare Kraft aufzufassen, fand aber eine erstaunlich grosse Geschwindigkeit der Fortpflanzung.

Die Schwere ist ein bis heute unerkannt gebliebenes Ding. Es ist gefährlich, über solche Agentien viel zu sprechen. So lange uns das Wesen eines Dinges verborgen bleibt und wir keinen sichern Anhaltspunkt haben, ist jedes Wort eine blosse Vermutung, die mit dem Hauch dahinfällt.

Nehmen wir einmal ein bekanntes Agens, das Licht. Es besteht in Aetherschwingungen, die in gewissen Stoffen sich ungehindert fortpflanzen, in andern nicht. Aehnlich ist es mit dem

elektrischen Strom. Ist die Schwere etwas Analoges, so gibt es gewisse Medien oder Zustände, wo ihre Wirksamkeit ebenfalls aufhört. Hier ist für die Newtonianer ein Strohhälmchen, an das sie sich anklammern. Sie sagen nämlich, es kann sich nichts der Schwere entziehen. Darum gehört sie nicht zu den mittelbaren Agentien wie Licht und Elektrizität, sondern zu den unmittelbaren.

Dieser Schluss ist falsch. Die Schwere kann modifizirt und aufgehoben werden durch den Windsturm, durch die Schwungkraft, durch Hitze, durch organisches Leben, durch Kapillarität, durch Explosion u. s. w.

Freilich ist unser Leib der Schwere so vollständig verfallen, dass er sich ihr nicht entziehen kann, ohne seine organische Individualität zu verlieren. Wenn ich aber Laplace einige Schritte auf seinem Pfade folge, so wird man mir zugeben, dass die Stoffe dieses Leibes, wenn auch in anderer Form, in anderer Verbindung seinerzeit Bestandteile der ursprünglichen Sonnenatmosphäre oder verschiedener Dunstkugeln der sich bildenden Erde u. dgl. ausgemacht und folglich mehrfache Ablösungen vom frühern Verband — der eigentlichen Schwere entgegen — erfahren haben.

Ein der Schwere noch ähnlicheres Agens ist der Luftdruck, dem sich unser Leib auch nicht entziehen kann. Obgleich der Luftdruck nach Zeit und Ort verschieden ist, fällt es uns nicht ein, ihn als eine unmittelbare Kraft anzusehen oder ihm eine unnatürlich grosse Geschwindigkeit anzudichten. Vor 250 Jahren war er noch ein Rätsel, und trieb Spuck unter dem Namen horror vacui. Wäre er noch nicht erkannt, so würden wir uns jetzt auch mit seiner grossen Geschwindigkeit befassen.

Ich habe von unserm Leibe mit Bezug auf die Schwere gesprochen und will zum Schlusse noch beifügen, dass er auch der Schwere entgegen wirken kann. Er verfügt über lebendige Kraft, so dass er sich aufwärts bewegen, ja Lasten heben und emporschleudern kann.

141. Achsendrehung und Abplattung der Erde. Newton hat dieses Thema in Prinzipien III, 19 (Nr. 52) und Laplace in Expos. IV, 8 behandelt. Letzteres Kapitel hat die Ueberschrift: Von der Gestalt der Erde und der Planeten und von dem Schweregesetz auf ihrer Oberfläche, und ich will hier einige Andeutungen folgen lassen. Offenbar sind über die Abplattung noch die älte-

sten Ansichten geltend; kein Wunder, wenn sie ungereimt klingen. Schon die Einleitung ist falsch in dem Satze: Die Planeten und ihre verschiedenen Schichten wären kugelförmig ohne die Achsendrehung. Bei einem Weltkörper, der aus vielen Elementen besteht, die mannigfaltige Verbindungen eingehen können, der ferner auf seinen ähnlichen Teilen sehr verschiedene Wärmestufen aufweist, oder der endlich in einer verhältnismässig nahen Entfernung zur Sonne steht, kann man gar nicht von Kugelgestalt reden. Man wird mir entgegnen, dass der Name Planet diese Bedingungen unnötig mache. Aber wo sind die Grenzen gezogen, wo gehen die Kometen an? Uebrigens wer will mit Gewissheit behaupten, dass die innern Schichten unserer Erde kugelförmig seien, da wir ja gerade darüber streiten, wie die Erde in ihrem Jugendzustande ausgesehen und in welchen Verhältnissen sie ihn durchlebt habe.

Abenteuerlich ist das Bestreben, aus der Abplattung der Erde oder anderer Planeten auf eine bestimmte Achsendrehung ihres Jugendzustandes zu schliessen. Es beruhen diese Schlüsse auf der einfältigen Voraussetzung, dass die erste Entwicklung unsers Planeten, also die Erstarrung als Augenblick aufgefasst werden könne; dass damals die Gestalt der Erde fixirt und seitdem nicht mehr geändert worden sei. Jeder dieser Sätze enthält grosse Irrtümer. Man betrachte die Schichten der Erde und man wird zu ihrer Bildung Jahrmillionen beanspruchen müssen. Man prüfe z. B. die obersten Schichten verschiedener Länder und man findet, dass sie um ganze Erdalter früher oder später entstanden sind und demgemäss auch abweichende Abplattung zeigen müssen; denn die Bedingungen der Abplattung sind sich seit Jahrmillionen nicht gleich geblieben, und werden auch für die Zukunft nicht gleich bleiben. Bei weiterer Erkaltung der Erde wird die Abplattung auch aüsserlich etwas abnehmen; denn die festen Niederschläge werden immer mehr die Pole umlagern. Aehnlich ist auch die Rolle des Weltmeeres. Würde die Achsendrehung der Erde plötzlich bedeutend schneller werden, so würde die feste Erdrinde einstweilen unverändert bleiben; aber das Wasser des Weltmeeres würde um den Aequator steigen und an den Polen sinken. Der Meeresspiegel, den wir unsern Messungen zu Grunde legen, würde verändert, am Aequator erhöht, an den Polen gesenkt. Die Berge der heissen Zone würden niedriger, diejenigen der kalten Zone höher. Die Geologie kann vom Gegenteil berichten und löst das

Rätsel, warum die höchsten Berge um den Aequator stehen. Was lässt sich also daraus entnehmen? — Dass seit der Bildung der obersten Schichten und ihrer Berge die Achsendrehung der Erde abgenommen hat. Aus diesen wenigen Andeutungen ergibt sich, dass die neue Lehre nicht auf die Grundlage aufgebaut ist, von der Newton und Laplace ausgegangen sind.

142. Die Dichtigkeit in Verbindung mit Achsendrehung und Abplattung. Newton behandelt die Dichtigkeit in seinen Prinzipien III, Propos. 3 (Nr. 49), und leitet sie vom Gewicht und Körperinhalt der Weltkugeln ab; das Gewicht oder die Masse der Planeten bestimmt er nach den Umlaufszeiten ihrer Satelliten. So beginnt auch Laplace, Expos. IV, 3. An einer andern Stelle sagt er, dass die innersten Schichten der Erde die dichtesten seien. Das kommt sich aber sehr darauf an. Die Möglichkeit ist nicht ausgeschlossen, dass die innersten Teile bei der ungeheuren Hitze sich im luftförmigen Zustand bildeten und dass erst später bei grösserer Abkühlung des sogenannten Kernes sich Flüssigkeiten bilden konnten. Wenn man aber annimmt, das Innere der Planeten sei flüssig, so ist damit noch nicht gesagt, dass die innersten Teile notwendig die dichtesten seien; denn das könnte nur der Fall sein, wenn die dichtesten Stoffe zugleich den höchsten Kondensationspunkt hätten. Das lässt sich aber von den bekannten Stoffen, z. B. Blei und Eisen, nicht behaupten und noch viel weniger von den unbekannten Stoffen im Innern unserer Erde oder anderer Planeten.

Schliesslich will ich noch einige Sätze über die Verkettung der Dichtigkeit mit Achsendrehung und Abplattung anführen. Die Schlüsse lauten folgendermassen: Wäre die Erde eine gleichförmige, flüssige Kugel, die sich in 23 Stunden 56 Minuten um ihre Achse drehte, so müsste die Abplattung $^1/_{231}$ sein. Da diese aber $^1/_{289}$ ist, so muss sich die Erde früher langsamer um die Achse gedreht haben als jetzt, was den Tatsachen widerspricht. Wäre die Erde im Mittelpunkt unendlich dichter als in den übrigen Teilen, und würde sie sich mit der jetzigen Geschwindigkeit um ihre Achse drehen, so wäre ihre Abplattung $^1/_{578}$, also blos die Hälfte. Sucht man bei letzterer Voraussetzung über die Dichtigkeit und bei der bekannten Abplattung von $^1/_{289}$ die Geschwindigkeit der Achsenrotation, so ergeben sich $17^1/_2$ Stunden. Geht man von

dieser Achsenrotation aus und betrachtet man die Schichten der Erde als gleich dicht, so ergäbe sich eine Abplattung von fast $^1/_{120}$. Da nun anzunehmen ist, dass die innern Schichten der Erde weder unendlich dichter als die andern, noch gleich dicht wie die andern seien, so muss der wahre Zustand innerhalb dieser aüssersten Grenzen sein und es ergibt sich, dass die Erde nie schneller um ihre Achse rotirte als in $17^1/_2$ Stunden.

Ich halte dafür, dass die Wissenschaft bisher nicht im Stande war, das Verhältnis zweier dieser Faktoren richtig zu durchschauen; also ist eine weitere Komplikation unstatthaft.

143. Die Präzession. Nach Newton (Nr. 56) rührt die Präzession der Erde von dem überragenden Aequatorring. Auch Laplace ist derselben Ansicht. Nur bespricht er einige Punkte noch ausführlicher (Expos. IV, 13). So sagt er, ob die Erde gleichförmig oder nicht, ob sie flüssig oder fest sei, welches auch die Tiefe des Meeres und die Gestalt des Sphäroids sei, auf dem dieses Meer liegt, so bleibt die Präzession dieselbe. Dabei kommt er auf die Taktfestigkeit der Erddrehung und behauptet, dass die von Osten nach Westen gehenden Passatwinde dieselbe in keinerlei Weise ändern. Er bedauert ferner, dass die Analysis in diesem Punkte ihre Dienste versage. Dagegen entscheide der Grundsatz der gleichen Flächen. Darnach sei die Summe aller Moleküle der Erde, des Meeres und der Atmosphäre, wenn sie entsprechend mit den Flächen vermehrt werden, die ihre auf die Ebene des Aequators gefällten Leitstrahlen um den Schwerpunkt der Erde beschreiben, in derselben Zeit eine durchweg beständige Grösse. Die Sonnenwärme bringe aber keine Veränderung hervor, weil sie die Körper gleichmässig nach allen Richtungen ausdehne. Wenn nun die Achsendrehung geringer würde, so müsste auch jene Summe geringer sein; also können die Passatwinde keinen Einfluss ausüben.

Es ist sehr auffallend, dass Laplace den überragenden Aequatorring ganz anders behandelt, um damit die Präzession zu erklären, als er in einem ähnlichen Sinne in Expos. IV, 8 sagt: Die Schwere auf der Oberfläche und ausserhalb derselben in beliebiger Entfernung wäre genau dieselbe, wie wenn die ganze Masse in ihrem Schwerpunkt vereinigt wäre: eine merkwürdige Eigenschaft, kraft deren die Sonne, die Planeten, die Kometen und die Satelliten beinahe auf einander wirken wie gleichviel materielle

Punkte. Auf grosse Entfernungen gestaltet sich die Anziehung der vom angezogenen Punkte entferntesten Moleküle eines beliebig gestalteten Weltkörpers und diejenige seiner nächsten Moleküle der Art, dass die Gesamtanziehung beinahe dieselbe ist, wie wenn die Moleküle in ihrem Schwerpunkt beisammen wären. Und wenn man als eine sehr kleine Menge der ersten Ordnung das Verhältnis der Ausdehnungen des Weltkörpers zu seinem Abstand vom angezogenen Punkte ansieht, so ist dieses Ergebnis genau für die Mengen nahe der zweiten Ordnung. Aber es ist haarscharf für die Kugel und für ein Sphäroid, das wenig von ihr verschieden ist; der Fehler ist von derselben Ordnung wie das Produkt seiner Exzentrizität mit dem Quadrat des Verhältnisses seines Halbmessers zum Abstand des anziehenden Punktes. Die Eigenschaft, welche die Kugel hat, so anzuziehen, als ob ihre Masse in ihrem Mittelpunkte läge, trägt also zur Einfachheit der himmlischen Bewegungen bei. Sie passt nicht ausschliesslich zum Gesetz der Natur; sie gehört auch zum Gesetz der Anziehung, welche der einfachen Entfernung entspricht und kann nur für die Gesetze passen, welche durch die Addition dieser Gesetze gebildet werden. Aber von allen Gesetzen, welche die Schwere auf eine unendliche Entfernung aufheben, ist dasjenige der Natur das einzige, in welchem die Kugel diese Eigenschaft hat. Nach diesem Gesetze wird ein Körper, welcher in einer sphärischen, überall gleich dicken Schicht liegt, von allen Seiten gleichmässig angezogen, so dass er mitten in der erlittenen Anziehung in Ruhe verbleibt. Dasselbe findet auch statt innerhalb einer elliptischen Schicht, deren innere und aüssere Oberfläche ähnlich liegen und ähnlich sind. Wenn man voraussetzt, dass die Planeten gleichartig sind, so nimmt die Schwere in ihrem Innern ab wie der Abstand vom Mittelpunkt; denn die aüssere Hülle am angezogenen Körper trägt nicht zu seiner Schwere bei, welche so nur durch die Anziehung einer Kugel bewirkt wird, deren Halbmesser gleich dem Abstand dieses Körpers vom Mittelpunkt des Planeten ist. Diese Anziehung ist aber der Masse der Kugel proportional, welche durch das Quadrat ihres Halbmessers geteilt wird und die Masse ist wie der Würfel desselben Halbmessers. Die Schwere des Weltkörpers ist also diesem Halbmesser proportional. Aber da die Schichten der Planeten wahrscheinlich um so dichter sind, je näher sie am Mittelpunkt liegen, so nimmt die Schwere im Innern in einem kleinern

Verhältnis ab als im Fall ihrer Gleichartigkeit. Die Achsendrehung der Planeten bringt sie ein wenig von der Kugelgestalt ab, die mit dieser Bewegung verbundene Schwungkraft treibt den Aequator auf und plattet die Pole ab.

Ich will mit dieser Auseinandersetzung nur zeigen, wie verschieden dasselbe Ding von Laplace dargestellt wird, je nachdem er eine innere oder aüssere Wirkung beabsichtigt.

Im Weitern hat der Mond eine viel grössere Präzession und doch keinen Aequatorwulst. Hier behilft sich Laplace wieder mit andern Momenten. Diese Art der Beweisführung entbehrt einer natürlichen oder logischen Grundlage. Dasselbe Verfahren kommt bei der newtonischen Theorie oftmals zur Anwendung. Man zieht einen Faktor herbei, um eine Erscheinung zu erklären; bei einem ganz ähnlichen Falle lässt man den gleichen Faktor weg, weil er unbequem würde. So ist es mit dem Aether, so ist es mit gewissen Erscheinungen bei den Gezeiten.

Endlich ist der Schluss über das Sonnenlicht durchaus nicht richtig. Dieser Punkt würde mich aber zu weit führen; weswegen ich auf das 3. Buch verweise.

144. Die Gezeiten. Laplace hat die grössten Verdienste um die Tiden. Seine Bemühungen und Erfolge, hauptsächlich über die Kenntnis der wirklichen Verhältnisse (Höhe, Eintritt, Verschiedenheit u. s. w.) sind grossartig. Indessen halte ich die newtonische Theorie der Gezeiten, welche Laplace verteidigt, für unrichtig und unhaltbar.

Es ist wahr, dass der Mond einen grössern Einfluss auf die Tiden ausübt als die Sonne; aber aus der newtonischen Theorie ergäbe sich gerade das Gegenteil. Nach Newton wird nämlich die Erde von der Sonne in ihrer Bahn erhalten und der Mond von der Erde. Da die Sonne ungefähr 400 mal weiter von der Erde absteht als der Mond, so wäre bei gleicher Masse der Einfluss 160000 mal geringer. Da aber dieser Hauptkörper 322800 mal mehr Masse haben soll als die Erde und nahezu 25800000 mal mehr Masse als der Mond, so müsste der Einfluss der Sonne weit überwiegen.

Der Newtonianer meint eben, die Tiden rühren von der Anziehung her, während die Ursache eine ganz andere ist.

145. Stabilität, Widersprüche. Es ist eigentümlich, dass Laplace die Ringe Saturns als Zeugen und Beweise der ursprünglichen Ausdehnung der Atmosphäre dieses Planeten ansieht. Wenn der Neptun in gleicher Eigenschaft für die frühere Sonnenatmosphäre gelten soll, so müsste sich die ursprüngliche Atmosphäre der Saturnkugel ebenfalls weiter ausgedehnt haben.

Laplace sagt Expos. d. Weltsyst. IV, 9: Durch welchen Mechanismus halten sich die Saturnringe um ihren Planeten? Wahrscheinlich nicht durch die blosse Adhäsion ihrer Moleküle, denn sonst hätten sich die innern Teile, von der stets sich erneuernden Anziehung des Planeten beeinflusst, mit der Länge der Zeit von den Ringen abgelöst, welche durch eine allmälige Abstufung zerstört worden wären wie alle Werke der Natur, die der Einwirkung fremder Ursachen nicht mit den notwendigen Kräften widerstehen konnten.

Im folgenden Kapitel heisst es weiter: Da die Masse des Mondes $^1/_{75}$ derjenigen der Erde, so steht der Punkt, wo die Schwungkraft der Achsendrehung und die Anziehung der Erde zusammen der Anziehung des Satelliten die Wage halten, um ungefähr $^1/_9$ unserer Mondentfernung vom Mittelpunkt des Mondes ab. Wenn in dieser Entfernung die ursprüngliche Mondatmosphäre nicht ihrer Schwungkraft beraubt worden ist, so hat sie sich der Erde zugewendet und ist von ihr aufgenommen worden; vielleicht ist jene Atmosphäre aus diesem Grunde so dünn.

Wenn man diese Stellen und die in Nr. 81, 82 und 83 liest, so erwartet man nicht, dass Laplace handkehrum die Stabilität des Sonnensystems beweisen wolle. Doch hat er es getan und z. B. mit Hülfe der Analysis gezeigt, dass seit 2000 Jahren die Rotationsdauer der Erde sich nicht um den hundertsten Teil einer Sekunde ($^1/_{100}$ Sekunde nach Laplace $= \frac{1}{10000000}$ Tag, $^1/_{100}$ gewöhnl. Sek. $= \frac{1}{8640000}$ Tag) verändert habe. Zwar haben Adams und Delaunay die Rechnung angefochten und dargelegt, dass seit Hipparch's Zeiten die Rotationsdauer der Erde um $^1/_{84}$ Sekunde zugenommen hat. Die Gezeiten müssen einstweilen daran Schuld sein.

146. Stabilität, Ausschluss der Kometen. Trotz der übertriebenen Vorsicht, mit welcher Laplace die Kometen behandelt,

stehen sie nicht für die Stabilität ein. Um den Untergang unsers Sonnensystems möglichst zu verhüten, muss er sie nämlich als Fremdlinge darstellen. Das hat aber auch seine Konsequenzen. Vor allem aus diejenige, dass nicht nur die Nachbarsysteme uns mit einem Heer Schweifsterne beschenken, sondern dass mit höchster Wahrscheinlichkeit auch unser Sonnensystem ein entsprechendes, ja gleich grosses Kontingent dieser seltsamen Weltkörper nach allen Himmelsgegenden entsendet habe. Was für Folgen entstehen daraus? Erstens hätte der ursprüngliche Stoss aller dieser Weltkörper der Gottheit unendliche Mühe verursacht, so dass von keiner Ruhe am 7. Tage die Rede sein könnte. Zweitens würde sich notwendig eine Gefährdung der Weltkörper mit geschlossenen Bahnen durch diejenigen mit offenen Bahnen ergeben, trotzdem letztere als Bürger eines einzelnen Sternsystems ausgeschlossen und zu wahren Kosmopoliten erklärt wurden in der guten Absicht, dass dadurch die Stabilität unsers Systems nicht von vorneherein gefährdet werde. Eine solche Einrichtung widerspricht aber einer einfachen und vernünftigen Schöpfung und muss dahinfallen.

Die neue Theorie gibt den Kometen das Bürgerrecht in unserm Sonnensystem. Sie anerkennt nur eine beschränkte Stabilität, d. h. die wunderbare Einrichtung im Getriebe unsers Sonnensystems, dass es sich möglichst lange erhält vermöge seiner weisen Einrichtung und Selbstregulirung, z. B. in der Bahnrichtung, Neigung u. s. w. der einzelnen Glieder dieser Weltenfamilie; aber sie anerkennt keine absolute Stabilität wie Laplace, auch keine unveränderliche Bahnachse, sogar auf die Gefahr hin, dass am einzelnen Orte das Verhältnis der Unter-, Neben- oder Ueberordnung sich ändere. Wie beschränkt wäre es, wenn wir z. B. in der Chemie vorschreiben wollten, dass irgend ein Element, das bei einer Verbindung eine Hauptrolle gespielt hat, nicht ein ander Mal wieder eine untergeordnete Stellung einnehmen dürfte? Die Natur ist so wunderbar eingerichtet, dass die einfachsten Mittel für längere Zeit die bestehende Ordnung erhalten; doch ist sie nicht zum Stillstand verurteilt: Wie eine Lebensaüsserung aufhört, so wird sie im ewigen Wechsel durch eine andere ersetzt. Der Tod ist für die mannigfaltigsten, irdischen Organismen der Keim zu neuem Leben. Ist für die Gebilde des Weltalls eine Ausnahme wünschbar? Gelten nicht überall die gleichen Grundsätze?

Verschiedene Fortschritte, vorzüglich die neuesten Errungenschaften über die physische Konstitution der Sonne, haben jene Ansichten überholt. Laplace befand sich in einem sehr verzeihlichen Irrtum. Jeder Philosoph ist befangen von den Anschauungen und Bestrebungen seiner Zeit, von Prinzipien, die ihm in der Jugend eingeimpft worden sind, und deren Nichtigkeit oft nach einer kurzen Spanne Zeit zu Tage tritt. So war man in der 2. Hälfte des vorigen Jahrhunderts schrecklich beunruhigt durch die Beschleunigung der Mondbewegung; schon hielt man die Tage der Erde und der Sonne für gezählt. Ein Erlöser wurde Laplace, welcher das vorhandene Material nach besten Kräften verwertete, bis sich alle Welt vor dem drohenden Untergange wieder sicher fühlte. Auch erwäge man wohl, der Mathematiker, dessen Zahlensystem absoluter Natur ist, wird leicht versucht, auch der aüssern Natur stabile, absolute Formen anzudichten und in seinen indirekten Beweisen diese Seite vorzugsweise herauszukehren, während der Naturforscher, der im Kleinen und Grossen nur Werden, Vergehen und Wiederwerden erblickt, die Unveränderlichkeit der aüssern Welt für unmöglich hält und die Veränderlichkeit zum höchsten Grundsatz erhebt.

147. Stabilität, andere Stimmen. Nachdem Joseph Johann Littrow alle Gründe für die Stabilität des Weltsystems aufgezählt, fährt er (Wunder des Himmels, Stuttgart 1836, Band III, Seite 215) im Wesentlichen fort: Immerhin hat es keine ewige Dauer. Wir können uns nicht vermessen, die innere Einrichtung des Weltalls und noch weniger die Absicht des erhabenen Gründers auch nur mit einiger Vollständigkeit zu erforschen. Auch kann, was Kräfte nicht vermögen, dereinst von aussen herbeigeführt werden. Endlich, wenn die vorhergehenden Betrachtungen auf die Absicht der Natur, ihr Werk zu erhalten, deuten, wie viele andere Erscheinungen liessen sich dagegen aufführen, die diesen Wünschen und Hoffnungen widerstreben. Der Winter z. B. unterbricht und stört so mannigfaltiges Leben! Von diesem nicht minder allgemeinen Gesetz der Natur soll die Erde und der über sie ausgespannte Himmel eine Ausnahme machen? Welches Recht hätten wir zu solchen Ansprüchen? Die Erde, gleich den Früchten ihrer Fluren, reift allmälig ihrer Bestimmung entgegen und altert; ja die Königin unserer Tage, die Sonne, selbst wird erlöschen. Das ist ein

ewiges Gesetz. Denn überall, wo wir im Weltenraume Entstehen, Wachstum und Zunahme bemerken, da muss auch Abnahme und Tod sein, und wo immer im Wechsel der Dinge Fortgang ist, da ist auch Untergang, scheinbarer Untergang wenigstens, Abwechslung von Gestalten und Formen. Alles, was Körper, d. h. was vergänglich ist, eilt seiner Auflösung entgegen und kann von keiner Kraft davon zurückgehalten werden. Und wie auf den Gipfeln unserer Berge und in den Abgründen der Erde die Versteinerungen und Ueberreste der Pflanzen und Tiere einer längst verschwundenen Vorwelt zerstreut liegen, so werden auch dereinst die morschen Trümmer des grossen himmlischen Baues zerstreut werden. Diese Sonne, diese Sterne werden erlöschen und von ihnen wird dort oben wie von den Denkmälern der Vorzeit hier unten keine Spur mehr sein. Auch diese Blumen des Himmels werden verblühen und abfallen wie welke Blätter, mit denen die Winde spielen.

Wolf sagt treffend in seiner Geschichte der Astronomie, München 1877, Nr. 747: Dass in unserm Sonnensystem, ja in unserm und in jedem andern Sternsystem noch beständig Veränderungen vor sich gehen, wird nach allem Mitgeteilten Niemand bezweifeln wollen — wo wir Lebenserscheinungen sehen, haben wir nach dem ewigen Kreislauf der Natur auch Tod des zeitlich Bestandenen und Beginn eines neuen Lebensstadiums oder einer neuen Schöpfung zu erwarten. Was dem sogenannten Urzustand der Kant und Laplace vorausging, wissen wir nicht; was dem mutmasslichen Untergange der gegenwärtigen Welt folgen wird, wissen wir ebenso wenig — in solche Distanzen reicht das geistige Auge keines Menschen. —

Die Stabilität harmonirt nicht mehr mit der jetzigen Naturgeschichte. Man betet aber die alten Formeln noch vielfach mechanisch nach und trägt der bessern Erkenntnis nicht genugsam Rechnung. Oder vielmehr man würde nach den gewonnenen Fortschritten gerne den Bann der Stabilität lösen; aber die eigentümlichen Theorien mit allen ihren Einzelnheiten erlauben es nicht. Indessen hat man heutzutage verschiedene Mittelstufen z. B. zwischen Kometen und Planeten (Planetoiden, Uranusmonde, innere Kometen), auch die Spektralanalyse redet ein entscheidendes Wort mit.

148. Stabilität, mathematischer Beweis. Sehen wir uns noch den mathematischen Beweis, welchen Laplace über die Stabilität des Sonnensystems gibt, etwas näher an. Es sind Gleichungen, die auf der linken Seite so viele Summanden aufweisen, als es Planeten gibt und auf der rechten Seite eine Konstante (C). Bei der ersten Gleichung ist jeder Summand das Produkt aus der Masse, aus dem Quadrat der Exzentrizität und aus der Quadratwurzel der halben grossen Bahnachse eines einzelnen Planeten ($m\,e^2\sqrt{a}$); bei der 2. Gleichung das Produkt aus der Masse in das Quadrat der Tangente des Neigungswinkels mit der Quadratwurzel der halben grosen Bahnachse eines Planeten ($m\,\mathrm{tg}^2\,i\sqrt{a}$).

Eine Hauptbedingung des Beweises liegt darin, dass die wesentlichste Masse unsers Planetensystems erstens in der Sonne und zweitens in Jupiter und Saturn repräsentirt ist, und dass die Summe sämtlicher Veränderungen der grossen Bahnachsen Jupiters und Saturns = o seien.

Betrachtet man nun z. B. die Exzentrizität der Planetenbahnen, welche neben den grossen Achsen das wichtigste Element ist, bezeichnet t die Zeit, m die Masse, e die Exzentrizität, a die halbe grosse Achse eines Planeten P; m_1, a_1, e_1 die entsprechenden Werte des Planeten P_1 u. s. w., so hat man nach Laplace folgende Differenzialgleichung:

$$m \cdot \frac{d(e^2\sqrt{a})}{d\,t} + m_1 \cdot \frac{d(e_1{}^2\sqrt{a_1})}{d\,t} + m_2 \cdot \frac{d(e_2{}^2\sqrt{a_2})}{d\,t} + \ldots\ldots = o;$$

woraus durch Integration folgt:

$$m\,e^2\sqrt{a} + m_1\,e_1{}^2\sqrt{a_1} + m_2\,e_2{}^2\sqrt{a_2} + \ldots\ldots = C.$$

Es zeigt sich also, dass die Summe der Veränderungen der einzelnen Produkte $m\,e^2\sqrt{a}$ in jeder Zeiteinheit sich aufhebt.

Die Wurzelgrössen, wie $\sqrt{a}$ u. s. w. können positiv und negativ sein. Man nimmt nun für die rechtlaüfige Bewegung den positiven, für die rücklaüfige den negativen Wert. Alle Planeten haben direkte Bewegung, die Kometen werden ausgeschlossen. Die Massen m sind ihrer Natur nach und die Quadrate der Exzentrizität (e^2) als gerade Potenzen positiv. Also sind auf der linken Seite des Integrals keine negativen Produkte. Auch ist jedes einzelne Glied, für sich betrachtet, notwendig kleiner als die konstante Summe aller Glieder. Wenn nun die grosse Achse und die Masse konstant sind, so kann die Exzentrizität irgend eines

Planeten nicht wachsen, ohne dass diejenige eines andern oder dritten abnehme.

Bezeichnet i die Neigung, so lässt sich gleicherweise folgendes Integral entwickeln:

$$m\, tg^2 i \sqrt{a} + m_1\, tg^2 i_1 \sqrt{a_1} + m_2\, tg^2 i_2 \sqrt{a_2} + \ldots\ldots = C_1.$$

Von $\sqrt{a}$ nimmt man den positiven Wert; $tg^2 i$ ist als gerade Potenz notwendig positiv, m als Masse kann nur positiv sein. Da ihre Summe endlich, so kann unter den Gliedern kein unendlich grosses vorkommen, noch eines ins Unendliche wachsen. Folglich kann die Neigung der Planetenbahn (i) nicht auf 90° ansteigen, da sonst tg 90° unendlich gross würde, wie auch das Quadrat davon. Der Uebergang von der recht- zur rücklaüfigen Bahn müsste aber durch tg 90° gehen; folglich kann kein Planet jemals rücklaüfig gewesen sein.

Aehnlich ist die Gleichung über die aufsteigenden Knoten.

Ich habe aus der Ueberfülle des Stoffes nur 2 Gleichungen herausgegriffen, um sie etwas zu beleuchten. Für's Erste ist die Fundamentalbedingung (d. h. der vorausgegangene Beweis) über die Unveränderlichkeit der grossen Bahnachsen bekanntlich sehr fadenscheinig, worauf ich übrigens nicht mehr näher eintrete. Es genüge die Tatsache, dass namentlich die grossen Achsen der Planetoiden Veränderungen zeigen, die auf ½ Million Meilen anwachsen, ehe sie abnehmen. Ferner merke man sich wohl, dass die Satelliten dazu gehören, wenn auch nicht alle rechtlaüfig sind, und endlich gehören auch die Kometen ins Sonnensystem und folglich in die Gleichung. Dann schlägt aber der Beweis ins Gegenteil um. Von etwa 500 Kometen kennen wir die Bahnelemente, davon ist beinahe die Hälfte rücklaüfig und eine wachsende Schar trotzt das Bürgerrecht in unserm Sonnensystem ab. Mit Hülfe des tatsächlichen Verhältnisses der Kometen kann man bis zur Evidenz den Beweis führen, dass die Planeten früher einmal rücklaüfig gewesen sein mussten.

Nur keine Unveränderlichkeit, sogar im grossen Weltall nicht. Wie verändert erscheint es ja nur seit 2 Jahrtausenden! Wie kleinlich, wie töricht erscheint der Beweis für die Stabilität, während wir mit höchster Wahrscheinlichkeit am Firmament teils solche Weltenfamilien sehen, wie unser Sonnensystem in ferner Vergangenheit selbst war, teils solche, wie unser System in Wirklichkeit ist, teils solche, wie es in ferner Zukunft sein wird.

149. Stabilität, Zeugnis der Erde. Auch der Erdball, der nächste und sicherste Zeuge, legt sein gewichtiges Wort zu Gunsten der Veränderlichkeit in die Wagschale. Wie liegen die einzelnen Schichten der verschiedenen Weltalter vor uns und beweisen, wie das organische Leben einen Anfang genommen, und wie mit irgend einer einseitigen Veränderung der aüssern Umstände sich allmälig die Organismen potenzirten, nicht aber in regelmässigen Schwankungen zum frühern Zustand zurükkehrten. Laplace sagt gegen den Schluss seiner Exposition bei Anlass der in Nr. 116 erwähnten Stelle Newton's: Aber deuten so viele ausgestorbene Tierarten, deren Bau Cuvier (1769—1832) aus den zahlreichen versteinerten Knochen beschrieben hat, nicht auf das Bestreben der Natur hin, sogar die scheinbar festesten Dinge zu verändern? Wegen der Grösse und Wichtigkeit wird das Sonnensystem nicht von diesem allgemeinen Gesetze ausgenommen; denn diese Eigenschaften sind nur ein Massstab unserer Kleinheit; und so gross auch dieses System uns vorkommt, so ist es doch nur ein unmerklicher Punkt des Weltalls. Durchgehen wir die Geschichte der Fortschritte des menschlichen Geistes und seiner Irrtümer, so sehen wir, wie die Endursachen beständig bis an die Grenzen seiner Kenntnisse zurückweichen. Diese Ursachen, welche Newton bis an die Grenzen des Sonnensystems vorschob, gingen zu seinen Zeiten nur bis und mit der Atmosphäre, um die Meteore zu erklären; sie sind also in den Augen des Philosophen nur der Ausdruck der Unwissenheit, in welcher wir über die wahren Ursachen sind. —

Ja gewiss, die Tiere und die Pflanzen haben, seitdem das organische Leben auf unserm Planeten den Anfang genommen hat, sich ausserordentlich verändert. Dieser Beweis liegt klar vor unsern Augen. Die Veränderungen der Organismen waren eine Folge der veränderten aüssern Umstände. Diesen Beweis werde ich später erbringen. Und ich werde dasselbe Grundgesetz der Erde auf das Sonnensystem und die übrigen Sternsysteme ausdehnen.

Heutzutage könnte Niemand mehr auf irgend einem Gebiete der Naturforschung die Unveränderlichkeit erfolgreich behaupten; beim Uebergang vom 18. ins 19. Jahrhundert konnte Laplace damit die Menschheit von einem drückenden Alp befreien und also Epoche machen. Aber die Saülen dieses Gebaüdes wanken.

150. Uebersicht der Mängel. Die Hauptpunkte der jetzigen astronomischen Theorie sind 200 Jahre alt, datiren also aus einer Zeit, wo die Naturwissenschaften noch auf einer sehr niedrigen Stufe waren. Da konnte die unmittelbare Schwere, der erste Anstoss von Seite der Gottheit, die doppelspurige Flutwelle, welche nur die Weltmeere, nicht aber die kleinen Wasser bewegt, Aufsehen machen. Laplace verschlechterte die Kometentheorie und steifte sich auf die Stabilität. Die verquickten Verbindungen zwischen Masse und Dichtigkeit, zwischen Achsenrotation und Abplattung mit ihren Hintertüren und dem furchtbaren Material der schwersten und unzugänglichsten Mathematik machten die Festung einstweilen unbezwingbar.

Ich weiss noch die liebe Zeit, wo ich die bedeutenden Schwächen der newtonischen Burg erspäht hatte, aber in meinem eigenen Lager zu grosse Lücken wahrnahm. Doch nur Geduld. Die einzelnen der mannigfaltigen Zweige der Naturwissenschaften bringen in einem Jahrzehnt erstaunliche Fortschritte; von allen Seiten werden gewisse Teile unhaltbar, und die stolze Burg muss fallen.

Die Spektralanalyse hat einige Punkte sofort berichtigt, die Geologie greift gewaltig ein, die gesamte Physik (besonders Licht, Wärme, Anziehung) fordert andere Grundlagen; die Physiologie der Pflanzen, die Artenbildung, die Chemie stehen sogar in engerer Beziehung zur Astronomie als man gewöhnlich glaubt.

Es wird sich zeigen, dass Laplace in seiner Expos. d. Welts. IV, 5 zu viel gesagt hat: Es ist merkwürdig, dass ein Astronom — ohne seine Sternwarte zu verlassen — bei blosser Vergleichung seiner Beobachtungen mit der Analysis die Grösse der Abplattung der Erde, den Mond- und Sonnenabstand findet, alles Dinge, deren Kenntnis die Frucht langer und mühseliger Reisen in den beiden Halbkugeln gewesen ist. Die Uebereinstimmung der Ergebnisse dieser beiden Methoden ist der triftigste Beweis der allgemeinen Schwere. —

Es ist an der Zeit, die schwierigsten, mathematischen Schlüsse auf sicheres Fundament aufzubauen.

Ich habe bisanhin die Meinung der verschiedenen Autoren voll und ganz gegeben und wenig unterbrochen. Im 3. Buche wird es anders sein.

DRITTES BUCH.

Wesen und Wirken der Kälteschwere.

Kapitel 1.

Beziehungen der Schwere und der Wärme.

151. Die physische und chemische Anziehung. Wer einen hohen Bau ausführen will, gräbt vorerst in die Tiefe. Je höher man bauen will, desto tiefer legt man das Fundament.

Der uns bekannte Raum ist mit Materie oder physischen Körpern angefüllt. Letztere sind entweder unorganisch oder organisch. Die unorganischen Körper kommen in 3 wesentlich verschiedenen Zuständen vor, fest, flüssig oder luftförmig.

Die einzelnen Teile der Materie bestehen, so weit die Kenntnis reicht, aus 65 Elementen oder Grundstoffen, die entweder in zufälligen Quantitäten gemengt oder in bestimmten Verhältnissen mit einander chemisch verbunden sind.

Zur Erklärung der chemischen Vorgänge nimmt man an, dass die Materie aus sehr kleinen Teilchen bestehe, die bei jedem Körper von gleicher Form und Grösse sind. Man nennt sie Moleküle. Das Molekül Kochsalz besteht aus verschiedenen Stoffen, aus Chlor und Natrium, das Molekül Wasser aus Wasserstoff und Sauerstoff. Das Molekül der Körper besteht somit selbst wieder aus Urteilchen oder Atomen.

Die Materie hat Kräfte. Unter diesen spielt die Anziehung die erste Rolle. Anziehung oder Attraktion ist die allgemeinste Bezeichnung sowohl für die einzelnen Teile und Urteilchen des-

selben Körpers, um an einander zu hängen und ein Ganzes zu bilden, als für das Bestreben verschiedener Körper, sich zu nähern und sich gegenseitig zu durchdringen.

Nach der bestehenden Theorie wirkt die Anziehung teils mittelbar, teils unmittelbar in jeder beliebigen Entfernung. Zur ersten Art der Anziehung gehören vorzüglich Kohäsion und chemische Affinität; zur zweiten Art Schwere und Gravitation.

Man unterscheidet Molekülar- und Massenkräfte. Erstere beziehen sich auf die Anziehung der Körperteilchen, letztere auf die Anziehung der Körper unter sich.

Die Kohäsion bezeichnet die Stärke des Zusammenhanges der Teilchen eines beliebigen Körpers, so lange dieselben noch unmittelbar beisammen sind. Sie wird bei den festen Körpern verstärkt durch verschiedene Mittel, z. B. durch chemische Beimischung, bei Metallen durch Schmieden, Hämmern, Walzen, bei Papier und Leder durch Pressen u. s. w. Dadurch werden die Poren kleiner, die Berührungsstellen dichter, die Festigkeit grösser.

Die chemische Affinität oder Verwandtschaft ist die Anziehung verschiedener Elemente, die sich zu einem durch und durch gleichartigen Ganzen verbinden können. Sie beruht nach der Analogie der harmonirenden Töne wahrscheinlich darauf, dass ein Atom eines Elementes sich genau in das Atom eines andern, oder genau in 2 oder mehrere Atome des andern verteilen kann, oder dass 2 Atome des erstern sich in 3 oder 5 u. s. w. Atome des letztern verteilen können.

Kohäsion und Affinität sind unter sich nahe verwandt. Sie wirken, wie man gewöhnlich sagt, nur auf unmessbar kleine Entfernungen, auf die Atome und Moleküle; die Stärke ihrer Wirksamkeit ist bedingt von der Zahl dieser Teilchen, welche auf einer bestimmten Durchschnittsfläche sich enge berühren, sich durchdringen, verbinden u. dgl. Dabei ist aber nicht ausgeschlossen, dass sich auch grössere Massen desselben Stoffes mit einander verbinden und nach ihren Agregatformen verändern. Sie haben ferner eine positive und eine negative Wirksamkeit, d. h. sie zeigen je nach bestimmten aüssern Verhältnissen, z. B. Wärmestufen, sowohl Anziehung als Abstossung, sowohl Verdichtung als Lockerung.

Durch letztern Umstand werden beide Kräfte in das Gebiet der Wärme verwiesen. Sie wären ihm auch zugeteilt worden, wenn nicht die Aehnlichkeit mit der besondern und allgemeinen

Schwere, welche in ihrem Gefolge den Fall, das Pendel, den Wurf, das Geschoss, das Weltengetriebe hat, sie in das Gebiet der Materie versetzt hätte.

Die Kohäsion und die Affinität gehören zur allgemeinen Anziehung, d. h. erstrecken sich auf alle Körper, während die magnetische oder elektrische Anziehung sich nur auf gewisse Körper oder Zustände beziehen, also Einzelnheiten sind.

152. Schwere und Gravitation. Die Schwere bezeichnet die Anziehung unserer Erde auf alle Körper an und über ihr. Sie bewirkt, dass ein Körper, welcher nicht unterstützt ist, zur Erde fällt und zwar senkrecht auf ihre Oberfläche oder gerade gegen ihren Mittelpunkt.

Diese Anziehung der Erde offenbart sich nicht bloss durch den Fall der Körper, sondern auch durch den Druck, den sie auf die Unterlage ausüben, sowie durch den Zug, mit welchem sie die hemmenden Faden und Seile anspannen. Der Fall kann also verhindert werden; aber er zeigt sich durch Druck oder Zug. Der Druck heisst auch das Gewicht des Körpers, das von der Masse bedingt wird.

Man unterscheidet absolutes und spezifisches Gewicht. Ersteres gibt an, in welchem Verhältnis der Druck eines Körpers zum Druck bestimmter Körper steht, die unter dem Namen Gewicht genaue Einheiten darstellen. Das spezifische Gewicht setzt bei den Körpern gleichen Raum voraus und gibt somit das Verhältnis der absoluten Gewichte ihrer gleich grossen Volumen.

Man sagt, alle Körper sind gleich schwer, und versteht darunter, die Erde ziehe alle Körper in derselben Entfernung gleich stark an, oder es haben die Körper ein gleich starkes Bestreben, zur Erde zu fallen. Körper von verschiedener Dichtigkeit (immerhin fest oder flüssig) fallen von derselben Höhe gleich schnell, wenn die Luft oder irgend ein Fluidum ihnen keinen Widerstand leisten kann, der nach ihren Dichtigkeiten notwendig ungleich ausfallen müsste.

Die Gravitation oder allgemeine Schwere ist die Anziehung, welche die Weltkörper gegenseitig auf einander ausüben.

Nach der jetzigen Wissenschaft bilden die Schwere und die Gravitation eine zweite Gruppe der allgemeinen Anziehungskräfte. Sie wirken angeblich unmittelbar und augenblicklich auf die

grössten Entfernungen, im direkten Verhältnis der Massen, im umgekehrten der Quadrate der Entfernungen. Auch anerkennt man an ihnen keine negative Wirkung.

Um je nur einen Repräsentanten herauszunehmen, scheint es also, dass Kohäsion und Schwere weiter nichts gemein haben, als dass sie unter die allgemeinen Anziehungskräfte gezählt werden, dass sie aber in allen ihren Aüsserungen verschieden seien und dem Wesen nach himmelweit von einander abstehen.

Mit diesen furchtbaren Widersachern, diesen erbitterten Feinden habe ich Jahrzehnte lang Versöhnungsversuche gemacht und endlich die Freude erlebt, dass sie sich als Freunde und Brüder erkannt und sich demgemäss genähert haben.

153. Kohäsion und Schwere. Gewöhnlich sagt man, die Schwere wird von der Masse bedingt, die Kohäsion von der Wärme. Also vollständige Verschiedenheit. Wir wollen versuchen, trotzdem eine innere Aehnlichkeit herauszufinden.

Sind beide Sätze gleichermassen wahrscheinlich? Können beide gleich leicht durch Beobachtung oder Versuch bestätigt werden? — Nein, unumstösslich ist nur der Satz über die Kohäsion. Wir haben uns schon tausendfach von dieser Wahrheit überzeugt. Der Satz von der Schwere ist nur eine Hypothese, die aber im Laufe von 200 Jahren und ununterbrochenen Kämpfen des Pro und Contra beinahe zur Gewissheit geworden ist. Die Hoffnung ist also gering, ihn umzustossen. Immerhin ist er noch keine bewiesene Tatsache. Dazu müssten wir verschiedene Weltkörper besuchen können, was in der Hauptsache ein frommer Wunsch bleiben wird. Ich will also meine ganze Kunst aufbieten, um wenigstens zu zeigen, dass auch die Schwere von der Wärme bedingt wird.

Letzteres ist nicht besonders schwierig; es wäre sogar leicht, wenn wir nicht von Jugend an alle unsere einschlägigen Belehrungen gerade von einer entgegengesetzten Seite erhalten hätten und nicht mit Vorurteilen jeglicher Art vollgepfropft wären. Unter den jetzigen Umständen muss ich aber weiter ausholen und manche Kleinigkeit vorerst berichtigen. Nur Geduld, wenn ich auch viel Worte brauche. Schon Aristoteles meint, die Dinge können unsere Lehrer werden, sie haben ja das Lügen nicht gelernt.

Ich habe mich allmälig überzeugt, dass die Schwere keine selbständige Kraft, sondern ein Zustand, eben die Wirkung der Kälte ist. Ja, die Wärme beherrscht die Weltkörper und bewirkt alle Erscheinungen der allgemeinen Schwere. Aber auf den ersten Augenblick sieht man es nicht, selbst mit offenen Augen. Im Verlaufe werden wir uns aber überzeugen, dass mit Hülfe der Wärme und des Weltäthers, welch letztern man für die Erscheinungen des Lichtes ohnehin in Anspruch nehmen muss, sich alle Gravitationserscheinungen erklären lassen.

Ja, ich kann auch den andern Satz verallgemeinern und behaupten, die Kohäsion wird ebenfalls von der Masse bedingt, so gut wie die Schwere, nämlich nur unwesentlich und nicht im Sinne der newtonischen Ansicht. Eine Erzmasse von tausend Tonnen bleibt unter gleichen Umständen länger flüssig als eine andere von einem Kilogramm. Ein Lavaberg bleibt länger flüssig als ein kleiner vereinzelter Lavateil. Hätte unser Weltmeer dieselbe Ausdehnung von einem Pol zum andern, aber nur einige Meter Tiefe, so wären die Verhältnisse anders, die sich auf die Kohäsion des Wassers beziehen. Die gleiche, immerhin untergeordnete Rolle spielt die Masse bei der Schwere unserer Weltkörper. Da die Wärme die Hauptrolle spielt, so kann die grössere Masse, wenn sie in Mitleidenschaft gezogen wird, der Kälte länger widerstehen und so einen untergeordneten Einfluss auf die Erscheinungen der Anziehung ausüben. Dagegen kann die Schwere modifizirt, ja aufgehoben werden einzig durch die Wärme und ihre Agentien, genau wie die Kohäsion.

Wenn der Masse als solcher eine Anziehung innewohnte, so müsste jedes grössere Quantum eines zusammenhängenden Körpers mehr Berührungskohäsion zeigen als ein kleineres und müsste auch ein grosser Körper schneller fallen als ein kleiner. Das kommt aber nicht vor; bei der Kohäsion kommen nur die Berührungsflächen eines bestimmten Durchschnitts in Betracht.

Wäre die Schwere eine unmittelbare, also absolute Kraft, wie Newton sie darstellt, so könnte sie von keinem Medium, von keinem Agens, von keiner mittelbaren und relativen Kraft, also auch nicht von der Masse beeinflusst werden. Kein Baum könnte aufwärts wachsen, kein Mensch eine Last heben, weder die Wolke, noch der Kolben der Dampfmaschine steigen, auch die Kapillarität oder die Schwungkraft könnte sie nicht vermindern oder sogar aufheben.

Während man zu Newton's Zeiten noch keine Ahnung von der fabelhaften Geschwindigkeit des Lichtes hatte, fand Laplace später eine mindestens 50 Millionen mal grössere Geschwindigkeit für die Schwere. Wir werden später sehen, auf welchem Missgriff sein Schluss beruht. Es war eine Verwechslung, wie wenn man den Tag in Kilogramm verwandelt. Die Schwere ist kein sich fortpflanzendes Agens wie das Licht, sie ist ein Zustand. Die Newtonianer stehen mit der Schwere noch auf demselben Standpunkt wie Galilei mit dem horror vacui. Bestünde letzterer noch in der Wissenschaft, so könnte man ebenso keck behaupten, er habe jene grenzenlose Geschwindigkeit der Schwere.

154. Schwere und Wärme. Nach diesen Plänkeleien will ich an die Hauptaufgabe herantreten. Die Ursache der irdischen Schwere ist nicht die Masse unserer Erde, sondern die Kälte der rings um den Dunstkreis der Erde anliegenden Aetherschichten. Der Sitz der Schwere ist nicht im Mittelpunkt der Erde; aber ihre Ursache ist über uns im Aether, dessen Kälte seit Jahrmillionen die ringsum anliegende Atmosphäre abkühlt, verdichtet und zusammenpresst, wodurch sowohl die radiale Richtung der Schwere als auch der Luftdruck und die weitern Kohäsionserscheinungen der Atmosphäre entstehen. Die Schwere ist im Grunde die mit der Kondensation übereinstimmende Erscheinung. So gross der Unterschied in einer Beziehung ist, weit grösser als derjenige des elektrischen Funkens und des Blitzes, so ist die Uebereinstimmung dieser beiden Agentien bei näherer Betrachtung dennoch auffallend. Ich behaupte, die Bildung des Niederschlages auf den kalten Fensterscheiben ist identisch mit gewissen Erscheinungen der Schwere.

Die Kälte erzeugt die Verdichtung, vermehrt die Kohäsion, bewirkt einen engern Anschluss der Stoffteilchen. Die Hitze dagegen erzeugt Lockerung, vermindert die Kohäsion, bewirkt einen losern Anschluss der Stoffteilchen. Im grossen Ganzen gilt das für alle Stoffe, für die luftförmigen, flüssigen und festen Gebilde, während im Besondern wieder manche Eigentümlichkeit statthat. Die Kälte der Aetherschichten, welche die Atmosphäre umgeben, kann als konstant angesehen werden. Die Hitze auf der Oberfläche ist einigermassen verschieden nach Zonen, nach Jahres- und Tageszeiten, nach der Reaktion des Erdinnern u. s. w. Diese

Hitze wird teilweise horizontal ausgeglichen (von den Winden), teilweise vertikal (durch Dünste und Niederschläge). Die Spannung zwischen der Kälte der aüssersten Luftschichten und der Hitze an der Oberfläche der Erde, oder auch die Spannung, welche der Wärmeunterschied zwischen den extremen Schichten des Dunstkreises nach Massgabe der Entfernung oder der dazwischen liegenden, beteiligten Luftmassen bewirkt, veranlasst die Erscheinungen der Schwere auf der Erde und auf den andern Weltkörpern. Der Unterschied in der Wärme zwischen der untersten und obersten Schicht der Atmosphäre ist in der heissen Zone etwas grösser als in den gemässigten und kalten Zonen, daraus lässt sich schliessen, dass auch ein Unterschied im vertikalen Abstand dieser Schichten bestehe.

Der abkühlende Einfluss des Aethers hat z. B. in irgend einem frühern, heissen Erdalter die luftförmigen Stoffe, die damals permanenten Gase des Erdballs, welche gegenüber heute eine ausserordentliche Ausdehnung hatten, ringsum an die damals dünne Erdrinde gepresst, wie es mit den wenigen, jetzt noch permanenten Gasen geschieht. Die aüssere Kälte veranlasste allmälig die Stoffe mit dem höchsten Kondensationspunkt, sich zu nebelartigen und tropfbar flüssigen Gebilden auszuscheiden. Diese gingen in dichtere Aggregatform über, verminderten bedeutend ihr Volumen, konnten sich nicht mehr im Dunstkreis halten und wurden auf die Oberfläche geworfen. Je nach Umständen konnten sie damals wieder erhitzt und verdunstet werden. Sie erhielten wahrscheinlich die verlorene Wärme bisweilen wieder, konnten sich rehabilitiren, entgingen der besondern Schwere, welche ihnen mit der dichten Aggregatform auch einen festen Wohnort angewiesen hatte, und stiegen wieder in den Dunstkreis. Dabei wird man sich auch der Tatsache bewusst, dass die Oberfläche eines Weltkörpers im Planetenstadium für die Sonnenstrahlen der geeignetste Ort ist, um bei dem dunkeln, verwitterten Gestein und der zusammengepressten, also dichtesten Luft ihren Einfluss geltend zu machen. Dieser Kreislauf eines Stoffes vom Dunstkreis auf die Oberfläche mag sich durch den örtlichen Unterschied von Kälte und Hitze mehrmal, billionenmal innert einer kleinern Planeten- oder Weltenperiode wiederholt haben. Und diese Aggregatänderungen und Bewegungen wurden einzig von der Wärme bedingt. Die entgegengesetzten Wärmestufen, Hitze und Kälte, erzeugen die verschiedenen Aggre-

gatformen, die lockere und die dichte, und die dadurch entstehende Vermehrung und Verminderung des Volumens bringt die entsprechenden Bewegungen hervor.

Die Wärme ist die Ursache der schnellern und langsamern Schwingungen der sich bald vergrössernden, bald verkleinernden Atome und Körper. Je nach Abkühlung oder Erwärmung ist sie die Ursache der 2 entgegengesetzten Bewegungen eines geeigneten Stoffes zwischen der Oberfläche und einer bestimmten Region des Dunstkreises oder bei gewissen Weltkörpern zwischen 2 Regionen des Dunstkreises. Ebenso ist die Wärme, wie später noch ausführlicher dargetan wird, die Ursache der 2 entgegengesetzten Bewegungen der Weltkörper, ihrer Anziehung und Abstossung.

155. Bewegung und Ruhe. Mancher Stoff, welcher früher ein Bestandteil unsers Dunstkreises war, wurde durch die allmälige Abkühlung des Aethers von aussen her entweder immer enger zusammengedrückt und verdichtet, in dichterem Zustand an die jeweilige Oberfläche geworfen, und nach millionenfachem Kreislauf bei genügend erniedrigter Wärme endgültig der Erdrinde einverleibt, bis die Mutter Erde in der jetzigen Form eines ausgeschiedenen Aggregatkomplexes dastand.

Durch genugsam erhöhte Temperatur könnten die flüssigen und festen Stoffe allmälig wieder in die Luft steigen, d. h. dem Banne der Schwere teilweise entgehen. Ja, es ist in ausserordentlichen Verhältnissen gedenkbar, dass bei übergrosser Hitze einzelne besonders geeignete Stoffe sich von ihrem Aggregatkomplex ablösen könnten (Biela'scher Komet, Teilung und Auflösung; Kruls'scher Komet, einzelne Ablösungen). Auch im Innern des Dunstkreises ist ein Stoff nicht unabhängig von dem Einfluss der vielfach erwähnten, aüssern Aetherschichten, sondern ist immerwährend von ihnen beeinflusst nach Dichtigkeit, Ort, Beweglichkeit und Richtung, sowie anderseits von den untersten Luftschichten, welche je nach der Empfänglichkeit für die Sonnenwärme und der Einwirkung derselben mehr oder weniger den Einflüssen der aüssern Aetherschichten entgegenarbeiten. Die Sendboten von den aüssern Schichten sind Niederschläge, die von den innern aber Dünste; je nach der gegenseitigen Einwirkung wird die mittlere Schicht klar, wolkig, regnerisch u. s. w. sein, welche Ausdrücke aber nicht nur einseitig auf das Wasser zu beziehen sind.

Könnte sich aber ein einzelner Teil ausser den Dunstkreis begeben, so würde ihn der Aether, den er anträfe, erst recht beeinflussen, und die Verdichtung um so schneller vollenden, je kleiner dieser abgelöste Teil im Verhältnis zum frühern Komplexe ist. Die Richtung der Schwere des Hauptkörpers hat für die einzelnen Teile des Neukörpers keine Bedeutung mehr. Er erhält eine selbständige Schwere nach Stärke, Richtung u. s. w. und damit gestaltet sich ihm auch ein eigener Kern, eine eigene Oberfläche, eine eigene Lufthülle. Es gibt für einen Weltkörper nur eine Hauptrichtung der Schwere von aussen nach innen, sie ist gültig für alle möglichen Gestalten.

156. Uebereinstimmung des Aggregatzustandes und der Schwere. Der Stein, der auf dem Boden liegt, hat erstens eine einseitige Kohäsion, die von der lokalen Wärme, beziehungsweise Kälte seiner nähern Umgebung, und zweitens ein einseitiges Gewicht, das vom allgemeinen Wärme- oder vielmehr Kältezustand der Erde herrührt. Aehnlich ist beim Stein der Fall vom Wärmezustand der Erde bedingt.

Im Hochofen, im Krater könnte dieser Stein noch flüssig, noch luftförmig werden und den Wolken zustreben; aber bei den sotanen Verhältnissen der Erdoberfläche und des Dunstkreises muss er im Allgemeinen in fester Form erscheinen; und wenn man ihn ausnahmsweise durch das Mittel der Wärme in beweglichere Formen bringt, so kann er sich unter den gegebenen, irdischen Umständen aus eigenen Mitteln nicht lange halten.

Das einseitige Gewicht, der einseitige Fall des Körpers rührt von der Verdichtung her, wie auch die Beschaffenheit und die Gestalt der Erde. Einst waren die Bestandteile dieses Steines luftförmig in den entsprechenden Schichten der heissen, noch wenig verdichteten Erdatmosphäre. Je nach den Einflüssen von aussen oder innen wurden diese Gase innerhalb gewisser Grenzen hinauf oder hinunter bewegt. Dieselben standen also dannzumal unter dem Einfluss zweier ausgeprägter Bewegungen, gleichsam zweier verschiedener Schwereerscheinungen, einer positiven und einer negativen. Seitdem hat die Kälte des Aethers den Erdball bedeutend abgekühlt, die einst gasförmigen Bestandteile haben sich verbunden und verdichtet, der Stein und viele andere Stoffe haben seitdem nur noch eine einseitige Bewegung und ein einseitiges

Gewicht. Trotzdem hat er die doppelte Anlage bewahrt. Könnten wir die Erde genugsam erwärmen, so würde der Stein nicht nur in den Dunstkreis zurückkehren, sondern daselbst verweilen. Es wäre aber eine grosse Wärmemenge nötig, um den ganzen Erdball so weit umzuwandeln. Hier kommt die Masse ins Spiel. Freilich würde dannzumal ein bestimmtes Gas je nach der Temperatur momentan einen positiven oder negativen Druck zeigen, der in Betreff der ungebenden Masse als einseitiger oder allseitiger Druck erscheint. Wenn aber die Kälte wirksamer würde, schiede sie die Gase immer mehr von einander aus. Die einen würden verdichten, die andern verbleiben. Erstere verlören die Fähigkeit, sich nach aussen zu bewegen, weil sie auf ein kleines Volumen zurückgeführt würden. Sie müssten sich nach innen begeben. Wären sie weit von der heissen Erdrinde entfernt, so könnten sie sich unter Umständen während des Falles durch wärmere Schichten, also im Dunstkreis selbst, neuerdings erwärmen und verflüchtigen, und mit Hülfe des wieder erlangten, grössern Volumens den Rückweg nach aussen wieder antreten. Doch gäbe es eine bestimmte Grenze, wo die Kälte sie wieder bezwänge und verdichtete, und so ginge es fort, bis ein bestimmter Stoff endlich unrettbar auf der Oberfläche des Kernes läge.

Dabei zeigt sich, dass die Schwere nicht einzig von der Wärme bedingt ist, sondern noch von der Masse des Weltkörpers und von der Natur der einzelnen Gase in verschiedenen Stufen der Hitze und Kälte.

Daher rühren für einen bestimmten Wärmezustand die Unveränderlichkeit der einen Gase, die Veränderung der Aggregatform oder die Vergrösserung oder Verminderung des Volumens der andern; daraus ergibt sich die Passivität oder Trägheit der erstern, die Aktivität, das Steigen oder Fallen der letztern, in den Atmosphären.

Das ist der Sinn der Worte: Die verschiedenen Wärmestufen erzeugen die verschiedenen Erscheinungen der Schwere.

Wenn nun ein dichter (fester oder flüssiger) Körper, der durch die bisherige Abkühlung sein Volumen bedeutend eingebüsst hat, und deswegen aus dem Dunstkreis auf die Oberfläche der Erde zurückgetrieben wurde, durch lokale oder allgemeine Hitze wieder das nötige Volumen erhält, so wird er nochmals in den Dunstkreis zurückkehren, und daselbst länger oder kürzer verweilen,

je nachdem die mitgeteilte Wärme ihn dazu befähigt. Wenn aber ein dichter Körper, ohne Veränderung seines Volumens, durch eine der Wärme ebenbürtige Kraft (Wurf u. dgl.) in den Dunstkreis gelangt, so wird er daselbst nur so lange verweilen können, bis das Aequivalent der Wärme aufgebraucht ist. Denn ohne bedeutende Raumvergrösserung ist sein Schicksal von früher her schon besiegelt: er ist eben schwer.

Die Schnelligkeit, mit welcher ein solcher Körper fällt, ist im Vakuum für alle verdichteten Stoffe dieselbe, da sie ja gleichermassen der Gasform und der damit verbundenen Expansivkraft entbehren.

157. Schwere eines unselbständigen Körpers und eines selbständigen Weltkörpers. Wäre eine sehr kleine Menge Stoff irgendwo im Aether des freien Weltenraums vorhanden, so käme bei ihr nur die Kohäsion, keineswegs aber das Gewicht in Betracht. Sie würde passiv im Aether schweben. Aehnlich wäre es mit der Erde ohne Achsendrehung. Als Ganzes für sich aufgefasst, hat sie kein Gewicht. Allein als Bestandteil eines Weltkörpers hat ein bestimmter Stoff je nach Art und Ausdehnung und nach der Temperatur oder nach den 2 Hauptaggregatformen (der lockern und der dichtern) ein bestimmtes Gewicht.

Nach dieser Ansicht wäre die Intensität der Schwere (also das bestimmte Gewicht und die Schnelligkeit des Falles) in der Hauptsache dieselbe auf verschiedenen Planeten des Sonnensystems, insofern ihre Wärmeverhältnisse im Allgemeinen die gleichen sind, was übrigens noch ausführlicher behandelt wird.

Der vorliegenden Arbeit gingen viele Beobachtungen und Versuche auf verschiedenen Gebieten der Physik voraus. Dieselben haben aber wenig Wert, weil ich lange zu verwickelte Verhältnisse im Auge hatte. Schliesslich kamen mir die einfachsten Tatsachen zu Hülfe. Zu grossartigen Versuchen fehlte es mir an Zeit und Hülfsmitteln. Durch diese Arbeit soll allseitig das Interesse geweckt werden, und die Vertreter der verschiedenen Naturgebiete können dann gemeinschaftlich zur Ermittlung der Wahrheit mitwirken.

Es wird sich nun vorerst fragen, ob die vorstehende Theorie auf einer vernünftigen Grundlage beruhe und die bezüglichen Erscheinungen erkläre. Sollte sie gar ungelöste Rätsel in den Kreis

der bekannten Erscheinungen hereinziehen und eine wesentliche Vereinfachung der kosmischen Vorgänge ergeben, so wäre ihre Berechtigung eine ausgemachte Tatsache.

Die Physiker könnten froh sein, wenn die einzige unmittelbare Kraft, die ihr Gebiet verunziert, aus Abschied und Traktanden fiele, und wenn dieses vermeintliche Unding sich neben die andern Kräfte einreihen liesse und sogar zur verbindenden Brücke würde. Ptolemäus beurteilte die himmlischen Bewegungen nach dem Schein, nach dem leiblichen Auge; Kopernikus durchdrang mit dem geistigen Auge das Weltengetriebe, löste einfach die scheinbar verworrensten Fragen und fand die Wahrheit betreffend Ruhe und Bewegung. Hier handelt es sich um die Triebfeder des kosmischen Uhrwerkes. Ist's die Masse oder die Wärme, oder beide zusammen und in welchem Verhältnis?

158. Der relative Wert der Kohäsion und der Schwere. Die Kohäsion ist eine Anziehung der Atome. Sie ist wesentlich verschieden nach den Aggregatformen der Körper. Im festen Zustand sind die einzelnen Teilchen wenig beweglich und widerstehen allen Kräften, die ihre gegenseitige Stellung zu verändern streben. Der feste Körper hat daher einen starken Zusammenhang, er wird tastbar und behauptet eine bestimmte Gestalt. Im flüssigen Zustand besteht noch ein gewisser Zusammenhang der Teilchen, so dass die untern Teile des Tropfens von den obern gehalten werden. Ungeachtet aber die Flüssigkeit beinahe dasselbe Volumen einnimmt wie der feste Körper, sind ihre Teilchen an einander leicht verschiebbar, weichen jedem eindringenden dichten Körper aus und schmiegen sich an die Form der Gefässe. Der luftförmige Zustand hat endlich eine höhere Beweglichkeit der Teilchen, eine (den dichtern Körpern fehlende) grosse Zusammendrückbarkeit und — soweit unsere irdischen Beobachtungen gehen — ein stetes Streben der einzelnen Teilchen, durch Auseinandergehen ein grösseres Volumen zu erhalten. Vermöge dieser von innen nach aussen wirkenden Spannkraft unterscheidet sich also der lockere Zustand leicht von dem dichten. Zwischen dem festen und flüssigen Zustand gibt es gewisse Zwischenstufen (zähflüssig); ebenso zwischen dem flüssigen und luftförmigen Zustand (Nebel, Dampf). Den Ausdruck Dämpfe braucht man vorzugsweise für Luftarten, welche sich leicht in Flüssigkeiten verwandeln lassen.

Dunst und Nebel bezeichnen dagegen eine Trübung der Luft, welche von unzähligen, in der Luft schwebenden, flüssigen Teilchen herrührt.

Die Kohäsion kann im Allgemeinen vermehrt werden durch Kälte und mechanischen Druck; sie kann vermindert werden durch Hitze und Verminderung des Druckes. Ist es bei der Schwere ebenso? Bis jetzt hielt man es für unmöglich; darüber ist aber das letzte Wort noch nicht gesprochen.

Was bewirkt vorerst die irdische Schwere, jener ringsum von aussen nach innen gerichtete Druck auf die Luft? Sie erzeugt den sogenannten Luftdruck, sie gibt das Gewicht der Luft an, gleich demjenigen einer Quecksilbersaüle von 760 mm.

Bei der vorwiegenden Kälte der umschliessenden Aetherschichten scheint die Schwere für die gewöhnlichen Planeten und Monde, soweit sie als geotische und selenitische Weltkörper verdichtet sind, eine absolute Kraft. Doch ist es bei heliotischen Weltkörpern gedenkbar, dass die Schwere innerhalb enger oder weiter Grenzen oder Regionen vermindert, ja für einen bestimmten Stoff aufgehoben sei, sogar in Druck und Bewegung von innen nach aussen umschlage. Im Dunstkreis der Erde kann offenbar nur ein Stoff mit sehr tiefem Kondensationspunkt sich halten, besonders in den aüssern Regionen. Das sind die jetzigen permanenten Gase. Andere Stoffe dagegen, welche seinerzeit bei geringer Wärmeabnahme in den dichten Zustand übergingen, fielen der Schwere anheim und mussten sich einwärts bewegen. Wird ein Stoff mit tieferm Kondensationspunkt bei ausnahmsweis niederer Temperatur verdichtet auf die Erdrinde geworfen, so wird er bei der Rückkehr normaler Temperatur in lockerer Form wieder den Rückzug antreten, die Bewegung nach aussen vollziehen, also negative Schwere zeigen. Das geschieht zeit- und stellenweise mit dem Dunst unserer Atmosphäre. Der Dunst, der sich an einem heissen Mittag entwickelt, kann in der Nähe der Oberfläche negativ schwer, in einer Höhe von 3000—4000 m im Gleichgewicht und in einer Höhe von 7000 m positiv schwer sein.

159. Aüsserungen der Schwere. Die genaue Bestimmung der Schwere geschieht gewöhnlich durch Fallgeschwindigkeit und Länge des Sekundenpendels. Biot (1774—1862), einer der berühmtesten Physiker und Mathematiker, bestimmte für das mittlere Europa, unter 45°, am Ufer des Meeres und im leeren Raum die

Fallbeschleunigung am Ende der 1. Sekunde zu 9,806 m und die Länge des Sekundenpendels zu 0,9935 m. Diese Werte sind einigermassen abhängig von der lokalen Beschaffenheit der Erdoberfläche. Den Einfluss der geographischen Lage nach Massgabe der Tangentialkraft anerkenne ich mit Newton. Während aber dieser einen wesentlichen Faktor in der Masse des Untergrundes erblickt, so anerkenne ich ihn als unwesentlichen Punkt erst in zweiter Linie, und berücksichtige noch einerseits die verschiedene Erwärmungsfähigkeit der Oberfläche (Wasser und Land, Ebenen und Gebirge, Steppen und Kulturboden) und anderseits die daraus entstehende Verschiedenheit der Atmosphäre an einem bestimmten Orte. Im Weitern würde sich dann ergeben, dass in der Hauptsache die bekanntern Planeten und Trabanten an ihrer Oberfläche ungefähr dieselbe Schwere zeigen müssten wie die Erde, wobei natürlich die geographische Breite, die Schnelligkeit der Achsendrehung, die Erwärmungsfähigkeit des Dunstkreises bei dem gegebenen Sonnenabstand einigermassen influiren.

Wird Eis oder Wasser erwärmt, das also einen bestimmten Druck auf die Unterlage ausübt, so verwandelt es sich in Wasserdampf. Dieser kann eingeschlossen und noch weiter erwärmt werden, bis er einen gewaltigen allseitigen Druck ausübt. Ich behaupte nun erstens, das ist eine Schwereerscheinung, und zweitens, hier spielt die Wärme die Haupt- und die Masse nur eine Nebenrolle. Wird aber der Dampf nicht abgesperrt, dann steigt er aufwärts oder auswärts, dem Luftdruck und der Schwere entgegen; er entfernt sich also vom Mittelpunkte der Erde, bis er ein Medium trifft, wo er im Gleichgewichte ist, d. h. den von der Schwere herrührenden Druck der obern Schichten erleidet und mit seinem eigenen Druck auf die Unterlage vermehrt. Könnte dorthin genügend Hitze zugeführt werden, so würde dieser Dunst noch höher steigen, unter Umständen bis an die Grenzen der Atmosphäre, in ausserordentlichen Fällen darüber hinaus, wie uns gewisse Weltkörper zeigen. Nur selten, etwa durch warme Winde, wird einer höhern Schicht des Dunstkreises Wärme zugeführt. Im Allgemeinen wird der von aussen wirkende Kälteeinfluss den schwebenden Wasserdampf an seinem neuen Orte abkühlen, bis er sich zum Nebelbläschen oder Tropfen verdichtet, ja einen grössern Druck auf die Unterlage ausübt, und endlich notgedrungen wieder den Rückweg an die Oberfläche einschlägt. Auch hier kann lokale

Wärme, z. B. Sonnenschein, den Regentropfen wieder verdunsten, wodurch der Kreislauf erneuert wird.

Die Hitze verwandelt z. B. das Wasser in Dampf und erhebt es in den Dunstkreis. Auf den der Erde nächst verwandten Weltkörpern ist diese Hitze grösstenteils abhängig vom Abstand des Hauptkörpers und von der Wärmeempfänglichkeit der Atmosphäre des Nebenkörpers. Diese Hitze verwandelt auf der Erde ein grösseres oder kleineres Quantum Wasser in Dunst und trägt diesen in eine entsprechende Höhe der Atmosphäre. Aber die Kälte des Weltalls, der Einfluss der die Atmosphäre umschliessenden Aetherschichten verwandelt diesen Wasserdunst früher oder später in Nebelbläschen, Wassertröpfchen oder Eisnadeln und wirft diese verdichteten Stoffe wieder an die Oberfläche zurück. Das Steigen des Dunstes und das Fallen des Regentropfens sind die negativen und positiven Schwereschwankungen, welche das Wasser bei geringer Temperaturdifferenz innerhalb einer bestimmten Region der Atmosphäre zeigt.

Auch der Newtonianer muss zugeben, dass im vorhergehenden Beispiel die Schwere hauptsächlich von den Wärmestufen beeinflusst wird und nur gering von der Masse, und dass die schon bekannten, physischen Verhältnisse der Wärme die nötigen Gesetze über die Kälteschwere ergeben, wenn einmal die Massenschwere fällt.

160. Schwere bei grosser Hitze. Die Region des Luftmeeres, worin der Wasserdunst der Erde seine Rolle spielt, ist verschieden mächtig nach Zonen, Jahreszeiten, Luftströmungen u. s. w., was, lokale Verhältnisse abgerechnet, von der mitwirkenden Wärme und von der Erdmasse abhängt und manchen Vorgang einfach erklärt.

Es ist anzunehmen, dass die Atmosphäre der Erde am Aequator noch mehr aufgedunsen und am Pol noch mehr abgeplattet ist als das eigentliche Kernsphäroid. Die astronomische Untersuchung anderer Planeten kann uns über diesen Punkt aufklären.

Solche Vorgänge müssen sich auch auf andern Planeten abspielen; die Niederschläge werden sich im jetzigen Stadium mehr nach der Wärme richten als nach der Masse, wie auf der Erde. Uebrigens gibt es bedeutende Unterschiede, wenn es einen Riesenplaneten angeht, der 1000 mal grösser, oder einen Zwergplaneten,

der einige Millionen mal kleiner ist als unser Weltkörper. Den abkühlenden Einfluss des Weltenraumes empfinden alle ziemlich gleichmässig, wenn auch die Perioden der Abkühlung, wie früher erwähnt, bei diesen, an Grösse extremen Weltkörpern sehr verschieden lang ausfallen müssen. Dagegen ist der Sonneneinfluss bei ihnen einerseits abhängig von der Entfernung des Hauptkörpers und anderseits von der Empfänglichkeit der Atmosphäre des Nebenkörpers, d. h. je nach dem Stande ihrer Verdichtung.

Wäre aber der Dunstkreis der Erde so heiss wie derjenige der Sonne, und der Erdkern so heiss wie derjenige des feurigen Sonnenballes, so würden nicht Wasserdünste, sondern Eisendünste u. dgl. die niedern Schichten ihrer Atmosphäre erfüllen. Ja, das Wasser wäre in den untern Schichten des Luftmeeres chemisch unmöglich, weil es bei der grossen Hitze in seine Elemente zerfiele. Beilaüfig gewahrt man hier auch die enge Verwandtschaft der Wärmeschwere mit der chemischen Affinität, welche beide gleicherweise bald gehemmt, bald befördert werden.

Ob irgend ein bekannter irdischer Stoff sich auf dem Kern der Sonne in dichter Form niederschlagen könnte? — Im Allgemeinen nicht, im Besondern wäre vielleicht mit Hülfe des ausserordentlich grossen Luftdruckes die Kondensation irgend eines Stoffes mit sehr hohem Siedepunkt möglich. Wie steht's nun daselbst mit der Fallgeschwindigkeit, mit dem Sekundenpendel, mit dem Gewicht? — Da glaube ich, gehe dem Newtonianer das Latein aus. Ich beneide ihn nicht, unter sotanen Bedingungen seine Experimente zu machen. Da hilft kein Vakuum, schützt keine Masse. Die irdischen Körper, Gewichtssteine und Bleilote sind ausser Kurs. Diese Stoffe verflüchtigen sich blitzschnell und schiessen mit Windeseile aufwärts. Umsonst würde man Halt gebieten und nach dem und dem Paragraphen des newtonischen Gesetzes beweisen, dass 1 Liter Wasser 27,65 kg. wägen, und ein dichter Körper in der 1. Sekunde 117,5 pariser Fuss fallen müsse. Die Situation könnte nicht fataler gedacht werden. Auch erkennt man, dass man für die Schwere eine andere Einheit wählen muss, die nicht schon beim ersten Weltkörper im Stiche lässt. Man könnte allenfalls versuchen, eine bestimmte aüssere Region zu ermitteln, wo irgend ein allgemeiner Stoff bestimmte Kohärenzerscheinungen darböte. — Aber noch einmal, wenn auch die Sonne über eine Million mal grösser ist als die Erde, lasse man sich ja nicht

traümen, dass daselbst ein irdischer Körper etwa 28 mal mehr wäge oder dass das Sekundenpendel entsprechend zu verlängern sei. Die Phantasie soll vor den augenscheinlichen Tatsachen ihre Flügel senken: Erden- und Sonnenschwere sind zwar grundsätzlich dasselbe, aber augenblicklich sehr verschieden.

Man wird mir entgegnen, dass ich hier von der richtigen Fährte abgekommen sei, und nicht von den irdischen Verhältnissen ausgehend auf die kosmischen schliesse. Nein, im Gegenteil; aber die aüssern Umstände der Erde und der Sonne sind so verschieden, dass man mit Recht von vorneherein nicht alles auf diesen 2 Weltkörpern über eine Schablone schlagen kann. Als die Newtonianer, gestützt auf die Massenschwere, das mutmassliche Gewicht der Körper auf der Sonnenoberfläche berechneten, hatten sie noch ganz falsche Ansichten über unsere Lichtquelle und den Weltenraum. Nun wird es erlaubt sein, die bessere Erkenntnis zu benutzen und Absurditäten zu vermeiden. Oder soll ein früherer Schluss, der auf falscher Grundlage gemacht worden ist, nicht mehr im Lichte besserer Erkenntnis geprüft werden dürfen?

161. Schwere bei grosser Kälte. Versetzen wir uns dagegen in Gedanken auf den Mond, wo vermutlich der Stickstoff und der Sauerstoff, also unsere permanenten Gase, sich in Folge eingetretener Kälte in dichter Form auf den Kern niedergeschlagen haben, so kann sich daselbst das Wasser nicht mehr von seinem ehernen Schlafe erheben. Hier sollte nun nach der newtonischen Lehre das Gewicht viel kleiner sein als bei uns. Das glaube ich nicht; vielmehr wird trotz der Kleinheit des Mondes daselbst in Anbetracht der niedern Temperatur ein Körper noch eher schneller fallen als bei uns.

Ich finde darüber folgende Stelle eines Newtonianers: Wird ein Körper mit einer Anfangsgeschwindigkeit von 40 m in der Sekunde in die Höhe geworfen, so steigt er auf der Erde 80 m, auf dem Monde 480 m; bei uns kommt er in 8, dort in 48 Sekunden wieder zur Oberfläche zurück. — Ich will den Boden der Möglichkeit betreten und annehmen, ein Mond- und ein Erdkrater werfen in demselben Augenblick Wasserdampf mit einer Anfangsgeschwindigkeit von 40 m aus. Wenn wir nun die Resultate der Erde ebenfalls auf den luftleeren Zustand reduziren, so wird doch kaum Jemand sich einfallen lassen, dass der Wasserdampf des

kältern Mondes in irgend welcher Form höher steigen oder langsamer fallen könne. In diesem Punkt führt die newtonische Ansicht irre. Man sehe den ausströmenden Wasserdampf der Lokomotive bei kaltem Winter oder heissem Sommer, oder bei kühlem Morgen und schwülem Mittag, und man wird wohl aufhören, die Verschiedenheit der Schwereerscheinungen der unterdessen veränderten Erdmasse zuzuschreiben. Nein, umgekehrt, die Verschiedenheit der Temperatur zeigt sich an der Schwere.

Was im Vorhergehenden vorzugsweise vom Wasser, von seinen Aggregatformen und seinen Wanderungen vom Kern zum Dunstkreis und umgekehrt gesagt wurde, lässt sich bei einem viel heissern Erdalter auf Stoffe ausdehnen, die nur künstlich oder lokal (in Kratern) als Flüssigkeiten oder Gase vorkommen, wie Blei, Eisen u. s. w. Je höher aber der Siedepunkt, desto mehr sticht jetzt die gewöhnliche Temperatur unserer Atmosphäre dagegen ab, und die aüsserst heissen Gase schwer schmelzbarer Stoffe könnten sich nur vorübergehend in der Luft behaupten. Doch einst war eine Temperatur, wo auch sie abwechselnd an den Kern und in den Dunstkreis gingen und dieselbe Rolle der Temperaturausgleichung spielten wie jetzt das Wasser. Freilich geschah das auf der Erde weder zur Zeit der Bildung der organischen Schichten, noch zur Zeit der Uebergangsgebirge.

162. Einheitliche Wirkung der Wärme. Die Theorien über die Entstehung der einzelnen Weltkörper unsers Sonnensystems stimmen nicht genugsam mit einander überein in Beziehung auf Stoff, Zeit und Art des Ursprungs. Nur darin stimmen sie überein, dass sie der Schwere einen wunderbaren und übernatürlichen Einfluss einraümen. Es wäre nun an der Zeit, die durch Beobachtung gewonnenen Tatsachen nutzbar zu machen.

Ich setze voraus, dass bei allen Weltkörpern unsers Sonnensystems (Meteore und Kometen ausdrücklich inbegriffen) dieselben Stoffe, dieselben chemischen Elemente, dieselben Aggregatformen vorkommen können, und dass mit der Einheit des Stoffes auch die Einheit der Naturgesetze Hand in Hand gehe, dass den irdischen Aüsserungen der Wärme und ihrer verwandten Kräfte (Licht, chemische Affinität, Magnetismus, Elektrizität u. s. w.) gleichartige Aüsserungen auf den übrigen Weltkörpern bei übereinstimmenden Umständen entsprechen.

Dabei influiren die Verdichtungsstadien, mit andern Worten die früher schon ausgeübten Wärmewirkungen, nicht aber eine nach dem Weltkörper abgewogene Schwere, wie Newton meint. Die Masse spielt so weit mit, dass ein grösserer Körper zu einem andauerndern Wärmemagazin wird, das der Abkühlung und Erwärmung länger widersteht.

Im Allgemeinen wird die individuelle Entstehung der Nebenkörper desselben Hauptkörpers wohl nicht mit ihrem Abstand von diesem zusammengehalten, sondern um so weiter zurückdatirt werden müssen, je grösser er ist. Von diesem Standpunkt betrachtet, ist die Verdichtung der Erde einerseits wesentlich bedingt von ihrem individuellen Alter, d. h. von der Zeit, seit welcher sie der Einwirkung des Weltäthers selbständig ausgesetzt ist; anderseits von der Grösse, insofern 2 Weltkörper von derselben Gestalt mit einander verglichen werden. Wenn nun 2 Planetenkugeln im jetzigen Stadium neben einander in Frage kommen, so wird es sich zuerst darum handeln, ihr individuelles Alter relativ festzusetzen und daraus ihren beiderseitigen Wärmezustand abzuleiten. Ist dagegen die Wärme leichter zu entnehmen, so können wir auch auf das relative Alter zurückschliessen. Die neue Lehre löst diese Aufgabe leicht. Im Weitern kann sie bestimmen, welche von zwei Planetenkugeln schneller, und wie viel mal schneller ihre Stadien durchlaüft. Es verhalten sich nämlich 2 solche Weltenbälle der Grösse nach wie die Würfel ihrer Radien und der Oberfläche nach (Aetherwirkung) wie die Quadrate ihrer Radien, wobei sich ergibt, dass sich die grössten Weltkörper am langsamsten verdichten.

Newton behauptet, das Mass der Schwere richte sich nicht nach den Verdichtungsstadien, sondern nach der Masse. Wie weit man damit kommt, haben wir in Nr. 160 und 161 gesehen. Nun frägt sich aber, wenn man Newton einige Schritte auf seinem Gebiete folgt und die Schwere auf der Sonne 28 mal grösser und auf einem Planetoiden 400 mal kleiner annimmt als auf der Erde, ob dannzumal ein bestimmter Stoff noch dieselben wesentlichen Eigenschaften besitzen könnte. Eisen, das auf der Erde mit 10 m Beschleunigung am Ende der 1. Sekunde fällt, oder auf der Sonne (in solcher Luft wie die unsrige) mit 276 m Beschleunigung fallen soll, oder das auf einem kleinern Planetoiden wieder in gleich-

artiger Luft umherfliegt wie bei uns die Blätter der Baüme, müsste notwendig je verschiedene Dichtigkeit u. dgl. zeigen.

Nun haben wir in den Meteoren kleinere und grössere Weltkörperchen (einige g bis 3000 kg), darunter auch Eisenklumpen, die höchst wahrscheinlich ihre Verdichtung für sich allein durchgemacht haben. Das sind Massen, die sind Billionen mal kleiner als die Erde und doch zeigen sie dasselbe spezifische Gewicht wie das irdische Eisen, wie es die neue Theorie mit sich bringt.

Auch das Spektrum zeigt uns mehrere Stoffe auf den Weltkörpern in bestimmten Aggregatformen; aber alle diese Stoffe, auf der Sonne, auf Planeten und Kometen zeigen, soweit diese Art der Untersuchung reicht, dieselben Eigenschaften wie die irdischen. Und es ist wirklich bemühend, dass die newtonische Theorie heute noch solche Dinge predigen kann, durch welche die schöne Einheit des Weltalls vernichtet wäre.

Was die Kälte des die Erde umschliessenden Weltenraums anbetrifft, so ist sie noch nicht befriedigend ermittelt worden. Die neue Lehre wird auch hier bessere Wege eröffnen. Poisson (1781—1840) glaubte, sie sei in den einzelnen Regionen des Sonnensystems verschieden. Fourier (1768—1830) schätzte sie auf —50 bis —60° C.; Pouillet (1791—1868) auf —142° C. Die Sonnenwärme, welche einem cm^2 an der Grenze des Dunstkreises zukommt, wird auf die Minute zu 2,5 bis 2,8 Wärmeeinheiten angegeben.

163. Die Schwere im Erdinnern. Nun könnte ein Newtonianer entgegnen, das Streben des erwärmten Wasserdampfes sei nach oben hin eng begrenzt, bei der Erde auf wenige Meilen, dagegen könne die Schwere des eigentlichen Wassers (eben verdichteten Wasserdampfes) erst am Mittelpunkt der Erde gestillt werden. Damit hat es seine eigene Bewandtnis.

Das Innere, hauptsächlich das Innerste der Erde ist uns zwar ein unbekanntes Gebiet, das ich nicht gern betrete. Weil aber teils praktische Erwägungen (Vulkane), teils theoretische Betrachtungen (Sonne, Kometen) uns sonst dorthin führen, so will ich dem Ideengange eine kurze Strecke folgen.

Denken wir uns — mit Beibehaltung des Dunstkreises — die feste Kruste des Erdballs, welche einige Meilen Mächtigkeit haben mag, für einen Augenblick bei Seite gelegt, und beilaüfig gesagt, nach Ansicht der jetzigen Wissenschaft unsern Planeten

im Sonnenkleide dastehen. Ohne Zweifel würde durch die innere Hitze ein Teil des atmosphärischen Wasserdunstes in seine Elemente zerlegt, ein anderer in grössere Entfernung gewiesen. Doch würde letzterer in den aüssern Schichten des Dunstkreises vom erkältenden Einfluss des Aethers heimgesucht und mindestens teilweise kondensirt. In diesem Zustand müsste er die Richtung einschlagen, welche von den anschliessenden Aetherschichten veranlasst wird, nämlich gegen den Mittelpunkt der Erde hin. Aber während des Falles nähert sich der Regentropfen oder die Eisnadel der glühenden Oberfläche und kommt durch heisse Luftschichten. Jene verdichteten Körper würden also notwendig verdampfen, oder sogar in die chemischen Elemente zerlegt werden, ehe sie die Oberfläche, geschweige den Mittelpunkt des leuchtenden Erdkerns erreicht hätten.

Aehnliche Erscheinungen im mächtigen Dunstkreis der Sonne sind schon erwähnt worden, und führen zu demselben Schlusse.

Diese Ansicht hat sich allmälig auch Bahn gebrochen in der Geologie, bei Anlass der Mitwirkung des Wassers zu vulkanischen Ausbrüchen. Das Wasser kann nämlich nur bis zu einer mässigen Tiefe (einige Meilen) der Erdrinde vordringen und bei vulkanischer Tätigkeit mitwirken. Offenbar hängt das mit der nach innen zunehmenden Wärme der Erde zusammen. Also auch bei vorhandenen Gängen kann das Wasser durch das heisse Erdinnere den Mittelpunkt der Erde nicht erreichen, ja bei weitem nicht. Es liegt auf der Hand, dass es auch die aüsserste Grenze unserer Atmosphäre nicht erreichen kann. Dasselbe lässt sich von jedem einzelnen Stoffe der bekannten Erdrinde sagen, allenfalls mit der Einschränkung, dass einzelne Stoffe oder ihre Elemente wohl in der einen extremen Grenze vorkommen können, nicht aber in derselben Gestalt zugleich in der andern, insofern man von einem umfangreichen Weltkörper spricht, wie die Erde ist.

Jedes Element, jede Verbindung hat als Bestandteil eines grössern Weltkörpers, welcher aus verschiedenen Stoffen einen einheitlichen Aggregatkomplex bildet, je nach seinem Schmelz- und Siedepunkt gewisse Regionen, innert welcher er in fester, flüssiger oder luftförmiger Gestalt bleibend oder veränderlich vorkommt, und somit gewisse Perioden, in welchen er in ein- bis dreifacher Gestalt, im Gleichgewicht oder in positiver und negativer Schwere vorkommt. Das Wasser konnte in den ersten und

mittlern Erdaltern nur in den äussersten Schichten des Dunstkreises vorkommen. Andere Stoffe setzten sich unterdessen ab. Jetzt führt es den Lebensprozess unsers Planeten: es liegt als Weltmeer auf dem Kern, gleicht die Wärme zwischen den einzelnen Teilen der Oberfläche und des Dunstkreises aus und ermöglicht die organische Welt. Ihm blieb die Hauptrolle für die äussern Schichten und für die letzten Perioden der Erde. Im jetzigen Stadium ist das Wasser (in flüssiger Form) auf der Oberfläche der Erde, wobei die heisse Zone überdies verhältnismässig am meisten Dunst nnd die kalten Zonen am meisten Eis haben. Das Wasser befindet sich also auf der Erde innerhalb einer Schicht, die einige Meilen je über und unter die jetzige Oberfläche reicht. Auf und über der Oberfläche besorgt das Wasser einstweilen die Wärmeausgleichung unsers Planeten, wozu einerseits seine Masse und anderseits der geringe Wärmeunterschied seines Siede- und Schmelzpunktes es vorzüglich befähigen.

164. Ausgleichung der Wärme durch das Wasser. Bei dem Lebensprozess unserer Erde bildet die ausgedehnte Entfaltung der organischen Welt nur einen untergeordneten Teil, nur eine zufällige Seite der Wirksamkeit des Wassers, das als Vermittler verschiedener Wärmestufen die Atmosphäre mit der Oberfläche, und die extremen Zonen gegenseitig ausgleicht. Ersteres geschieht vertikal durch Dünste und Niederschläge, letzteres horizontal mit feuchten und trockenen Winden. Die Kälte von aussen kondensirt die Wasserdünste der Atmosphäre und schickt sie in flüssiger oder fester Form dem Kern zu. Auch kalte Luft kann das Wasser der Oberfläche durch Berührung in Eis umwandeln. Ein minimer Teil der Hitze, deren sich die Sonne entledigt, um ihre eigene Verdichtung zu befördern, dringt im Lichtgewand bis auf die Oberfläche der Erde, erwärmt die untern Luftschichten und den vielfach mit Wasser durchtränkten Boden. Der sich dadurch bildende Dunst steigt in die Atmosphäre und erhöht ihre Erwärmungsfähigkeit. Anderseits führen Meeresströmungen warmes Wasser aus der heissen Zone bis zu den kalten Ländern und es gleichen periodische Winde trockene und feuchte Luft aus. In Folge der Gegensätze, die sich in der Temperatur einstellen, spielt das Wasser den Vermittler zwischen kalten und warmen Orten, indem es durch die positiven und negativen Schwankungen der

Schwere — in Luftform gegen die kalten Regionen, in dichter Form an die warme Oberfläche — dem Sitz der Kälte bedeutende Wärme und dem Sitz der Wärme bedeutende Kälte zuführt, wodurch die mannigfaltigsten Bewegungen und nebenbei der organische Lebensprozess der Erde stattfinden.

Der durch Wärme erzeugte Dampf überwindet die örtliche Schwere. Das ist der Hauptsatz für alle Bewegungen, die auf unserer Erde gar nicht aus der bisherigen oder vermeintlichen Schwere hervorgehen. Diese Bewegungen können wir mit unserer Körperkraft, ebenfalls einem Ausfluss der Wärme, im Kleinen nachmachen. Im Grossen muss uns die Dampfmaschine helfen. Ihr Kolben bewegt sich vorzugsweise in der Richtung vom heissen zum kältern Dampf. Auch das Gegenteil wäre möglich, d. h. ein abwechselndes Eingreifen des kältern und des heissen Dampfes. Indessen bietet uns die letztere Art grosse, praktische Schwierigkeiten. Aber in der Hauptsache ist die Dampfmaschine nichts anders als die künstliche Einrichtung, welche die beiden entgegengesetzten Bewegungen nachmacht, die das Wasser in der Atmosphäre ausführt. Die positiven und die negativen Schwankungen der Schwere erzeugen Bewegungen. Also erzeugt die Wärme im Allgemeinen (sowohl die Hitze als die Kälte) Bewegungen. Auch andere Kräfte können Bewegungen hervorbringen; doch die Wärme die grössten und vielfältigsten. Bei einem geringen Ueberschuss von Kälte hat das kondensirte Wasser der Atmosphäre das Uebergewicht über den Dunst, es fällt als Regentropfen oder Eisnadel aus der Luft auf den Boden, und fliesst als Bach von Berg zu Tal. So wie etwas Wärme die Wasseroberfläche bearbeitet, so steigt neu gebildeter Dunst den Wolken zu. So fällt und steigt das Wasser. Der Stein dagegen bleibt unterdessen träge liegen. Er hat im Grunde dieselben Anlagen der Bewegung; aber er braucht mehr Wärme. Für ihn ist die Kälte des Aethers zu sehr im Vorsprung gegenüber der Wärme der Oberfläche, und der verhältnismässig geringe Temperaturunterschied, welcher in der jetzigen Erdperiode vorkommen kann, in welcher das Wasser die Herrschaft führt, kann ihn zu keiner selbständigen Doppelbewegung veranlassen. Er ist im Bann der positiven Schwere. Unfreiwillig kann er in die Luft geworfen werden, natürlich ohne bleibenden Erfolg, die Wärme unterstützt ihn nicht genugsam. Bisweilen wird er

auch von fliessenden Wassermassen fortgerissen, oder in oder auf einer Eismasse langsam weiter geschoben.

Der Wasserdampf der Maschine und der Dunst des Luftkreises machen dieselben Bewegungen. Während aber bei der Maschine die entgegengesetzten Stösse durch künstliche Schiebersteuerung einseitig aus der Ueberlegenheit des wärmern Dampfes über den kältern hervorgehen, wechseln in der Natur die entgegengesetzten Bewegungen des Wassers (in dichter und lockerer Form, einerseits Eis oder Wasser, anderseits Dampf) nach dem Einfluss der Hitze oder der Kälte. Die ursprüngliche Dampfmaschine von Newcomen, wo heisser Dampf und kaltes Wasser abwechselnd die entgegengesetzten Bewegungen veranlassten, war ein treueres Bild der Natur, wenn auch weniger praktisch.

In der Dampfmaschine hat die neue Schweretheorie einen Verbündeten und einen direkten Beweis für ihre Behauptungen. Diese Maschine wird von der Wärme beeinflusst (in gewisser Beziehung auch von der Masse) und überwindet alles, sogar die bisherige Schwere.

165. Wärme und Pflanzenwelt. Hier ist auch der Anhaltspunkt für das Emporwachsen der Baüme, eigentlich der Schwere entgegen. Die Pflanze führt nämlich eine doppelte, innere Bewegung aus, mit welcher ihr Wachstum verknüpft ist. Wärme und Wasser spielen dabei die Hauptrollen. Indem das Wasser die löslichen Bestandteile des Bodens in sich aufnimmt, und von der Wurzel durch Stamm, Aeste, Zweige und Blätter bis an die Peripherie, beziehungsweise bis an die Spitze des Baumes leitet, verdunstet es daselbst durch die Wirkungen der Wärme. Je mehr Feuchtigkeit und Wärme vorhanden sind, desto schneller geht diese Bewegung vor sich, wie die verschiedenen Tages- und Jahreszeiten, die kalten und warmen Zonen, trockenen und feuchten Länder genugsam zeigen. An der Peripherie, beziehungsweise an der Spitze des Baumes wird das Wasser durch die aüssere Wärme, z. B. das Sonnenlicht vorzüglich erwärmt, es muss den aufgelösten Stoff absetzen und sich verdunsten. Bei Sonnenlicht wird der entweichende Wasserdunst sogar in seine Elemente geschieden, ein Teil derselben verbindet sich mit den früher gelösten Stoffen, ein Teil tritt die Rückreise zur Wurzel an, ein Teil verbindet sich mit dem Kohlenstoff der Luft und der Rest, einzig aus Sauerstoff

bestehend, tritt in die Atmosphäre über. Bei diesem vielfältigen Vorgang, der von der Wärme eingeleitet und durchgeführt wird, geht der entweichende Dunst, ähnlich der heissen Flamme in der Richtung gegen das Zenith in die Luft über und auch die zurückbleibenden (ursprünglich aufgelöst flüssigen, dann zähflüssigen und endlich erharteten) Teile streben aus demselben Grunde der Höhe zu und lagern sich demgemäss ab als bleibende Zeugen dieses emporstrebenden Wärmeprozesses. Hier erinnert die neue Theorie an die verschiedenen Vorgänge im Pflanzenleben, um den innern Zusammenhang des Wachstums durch die beiden Agentien, Wärme und Wasser, nach der Kälteschwere zu erklären und den Unterschied zwischen Sommer und Winter, Feuchtigkeit und Trockenheit, Niederung und Alpentrift begreiflich zu machen. Die Tannenarten, beispielsweise Pinus Sapon und P. sylvestris, erhalten im Sonnenschein des Frühlings lauter aufrechte, kerzengerade Schosse; allein durch Regen, Schnee, zunehmendes Gewicht senken sich allmälig die Seitentriebe, stehen immer mehr vom Gipfeltrieb ab und bilden sich immer mehr zu wagrechten und herabhängenden Seitenästen aus, wie ja die niedersten Aeste, durch grösseres Gewicht, weitern Abstand und periodische Schneelasten sich am meisten senken. In der obern Alpenregion können die Baüme und Straücher im kurzen (3—4 wochenlangen) Sommer nur kleine, anfänglich aufstrebende Schosse bilden, welche später von dem hohen Schnee (2 bis 4 m und darüber) heruntergedrückt werden, woher die am Boden sich hinziehenden Zwergstraücher (Salix herbacea) unserer höchsten Alpenwaiden kommen. Das Aussterben der Baüme geschieht in der mittlern Alpenregion. Da sieht man noch die letzten Vertreter, deren Stämme 8 m lang mit einigen Kniebildungen sich am Boden hinziehen und deren aufrechte Gipfeltriebe durch ihre verschiedene Länge anzeigen, wie manchmal nach einander die Schneelast des Winters erträglich oder der Schneefall günstig gewesen ist. Ein in dieser Beziehung ungünstiger Winter drückt den vieljährigen Gipfeltrieb wieder einmal zu Boden, wobei er zu einem neuen Kniestück des liegenden Stammes wird (Pinus Pumilio). Der Einfluss der Sonne zeigt sich überall in der Pflanzenwelt. Das grobe Unkraut weiss sich ihre Segnungen zu sichern, und die feinen Gräser und Kraüter zu benachteiligen; der allmälig dichter und dunkler werdende Wald vertreibt die kleinern Pflanzen. Wenn die Teile eines

Spalierbaumes auf eine für das Sonnenlicht günstige und eine für dieses Licht ungünstige Seite des Gebaüdes verteilt werden, so erscheinen die Blüten der einen Wand hier 14 Tage und darüber früher als auf der andern.

Die Doppelbewegung des Wassers hinauf und hinab spiegelt sich notwendig in der Pflanzenwelt ab. Während ein Saftstrom von der Wurzel des Baumes bis zum Gipfel emporgetrieben wird und ein Teil des Wassers verdunstet und durch das Sonnenlicht zersetzt wird, nimmt es den Kohlenstoff der Luft auf und bewirkt mit ihm und andern aufgelösten Stoffen eine Vergrösserung der aüssersten Knospe. Sehr wahrscheinlich wird bei der Zersetzung dem zurückbleibenden Teil des Wassers Wärme entzogen, wodurch er zum Rückzug gezwungen wird. Sehr wahrscheinlich sind also die beiden Saftströme verschieden warm, der aufsteigende wird von der Verdunstung an der Peripherie, der absteigende von der chemischen Zersetzung unterhalten. Wahrscheinlich gehen ihre Ströme je durch besondere Zellen.

166. Wärme und Tierwelt. Während die Pflanzenwelt die doppelte Bewegung des Wassers im Dunstkreise nachahmt vermittelst eines festen Anhaltspunktes, eines empor wachsenden Gerüstes und der aüssern Wärme, kann sich die Tierwelt, ähnlich der Dampfmaschine, so weit von der Scholle freimachen, dass sie nur eines innern Stoffbehälters bedarf, der periodisch angefüllt werden muss, damit der Kreislauf der Säfte von diesem Mittelpunkt aus nach allen Teilen der Peripherie dringe. So entsprechen sich Wurzel und Magen; aber auch das Blatt und der Blattkomplex (Knospe) haben ihr Seitenstück in der Lunge (Kiemen, Tracheen u. s. w.), in deren feinen Bläschen die atmosphärische Luft zersetzt wird. Bei diesem tierischen Vorgang wird mit Hülfe der innern Wärme die Zersetzung der Luft bewirkt und dabei neue Wärme erzeugt, welche weiterhin den Kreislauf der Säfte und den Umsatz der Stoffe ermöglicht. Durch mannigfaltige Organe kann das Tier den extremen Temperaturen eher trotzen, gesteigerte mechanische Leistungen verrichten, wenn es zweckdienliche Nahrung und die nötigen Ruhepausen hat.

Wie das Wasser einen Kreislauf zeigt, der mit den positiven und negativen Schwankungen der Schwere zusammenhängt, welche die verschiedenen Wärmestufen mit sich bringen, so spiegelt

sich im Lebensprozess der Pflanzen- und Tierwelt, welcher hauptsächlich vom Wasser und den darin aufgelösten Stoffen geführt wird, der Kreislauf des Wassers, die Erwärmung und Abkühlung gewisser Teile und die entsprechenden Bewegungen.

167. Schwere. Der Raum enthält Materie. Diese hat im Allgemeinen die Fähigkeit, sich ausdehnen oder zusammenzuziehen. Die betreffenden Aüsserungen werden bedingt von der Wärme ihrer Umgebung.

Die Aussenwelt — wenn selbst auch im ewigen Wechsel — wird als Zustand aufgefasst und bewirkt auf einen einzelnen Körper oder auf ein einzelnes Atom eine Bewegung, eben eine Vergrösserung oder Verkleinerung. So erscheint die Aussenwelt als tätige Ursache und das Einzelnding als die leidende Wirkung. Anderseits erzeugt das Einzelnding durch Verdichtung Wärme und durch Lockerung Kälte, welch beide es der Aussenwelt mitteilt. Hier sind die Rollen der Ursache und Wirkung gegenseitig.

Die verschiedenen Aüsserungen werden gewöhnlich als das Werk entsprechender Kräfte dargestellt; rühren aber einzig von jener Fähigkeit oder Eigenschaft der Materie her.

Die einzelnen Stoffe zeigen sehr verschiedene Aenderung bei einem bestimmten Wärmeunterschied. Z. B. ändern Platin und Glas auf der Oberfläche der Erde bei 100° C. Wärmeunterschied 0,0009 ihres Volumens, Stabeisen 0,0012, Kupfer 0,0017, Zink 0,0029, Flüssigkeiten (als solche) 0,04; die Gase 0,3665. Durch Verdichtung der Luft (pneumatisches Feuerzeug) entsteht Wärme und Licht, durch Lockerung derselben Kälte. Alle Arten Bewegungen (Schlagen, Bohren, Reiben) erzeugen Wärme.

Die Schwere eines Körpers ist gewöhnlich der Druck, welchen derselbe auf anliegende Körper ausübt, um je nach den auf ihn wirkenden Wärmeeinflüssen als Bestandteil eines Weltkörpers eine Bewegung auszuführen. Sie ist eine Wirkung jener Eigenschaft der Materie, sich auszudehnen und zusammenzuziehen. Es ist ein ähnlicher Vorgang wie beim Destillirapparat: Die Wärme verwandelt eine Flüssigkeit in Dampf und hebt sie in die Höhe; die Kälte verwandelt den Dampf wieder in Flüssigkeit und schlägt diese nieder.

Die Schwere der innersten und aüssersten Teile eines Weltkörpers ist begreiflich in obiger Erklärung nicht enthalten.

Kapitel 2.

Schwere und Luftdruck.

168. Dunstkreis der Erde. Vorerst kommt die alte Frage: Wie hoch reicht die Luft? In Beziehung auf ihre Mitwirkung beim Dämmerlichte bestimmte Kepler die Höhe der Luft zu 10, Delambre zu $9^1/_2$ geogr. Meilen. Immerhin wäre die Luft in einer Höhe von 3 Meilen schon sehr gering.

In Beziehung auf die Entzündbarkeit der Meteore ist man in neuerer Zeit zu Höhen von 20, 40, 60, ja 100 Meilen gelangt. Indessen müsste daselbst eine so feine Luft vorkommen, welche kaum im beobachteten Verhältnis spürbar war, so dass die Vermutung nahe liegt, es könnte die Erscheinung auch falsch gedeutet werden. Die neue Lehre wird auch hier richtige Beziehungen offen legen.

Wir wollen einmal annehmen, die atmosphärische Luft mache einen sehr allmäligen Uebergang in den Weltäther, und wie sie mehr oder weniger an der Achsendrehung der Erde sich mitbeteilige, so gehe auch diese Bewegung von ihr allmälig in den Weltäther über. Wenn nun an einem bestimmten Ort des Himmels die Luft oder der Aether eine ausgeprägte Bewegung hat, und ein Meteor in entgegengesetzter Richtung durch eines dieser Medien hinschiesst, so können gewisse Lichterscheinungen vorkommen, wie sie 50 Meilen näher, bei anderer Richtung in einem etwas dichtern Medium kaum stattfinden. Das Meteor kann sich also gegen den Strom der Atmosphäre oder des Aethers bewegen oder mit demselben. Er kann aber auch an seiner Aussenseite dichte oder lockere Stoffe besitzen, die bei geringer Reibung eigenes Feuer anfachen und unterhalten. Wie die Kometen für längere Perioden selbstleuchtend sein und die nötigen Gase selbständig besitzen können, so könnte auch ein daher rührendes Meteor, wenn es die geeigneten Stoffe besitzt, im Gegenstrom des Dunstkreises oder des Aethers aufflackern.

Die Barometerbeobachtungen führen zu folgenden Schlüssen über die Atmosphäre: Berücksichtigt man die Abnahme des Druckes und der Dichtigkeit der Luft bei konstanter Temperatur, so scheint die Atmosphäre unbegrenzt; immerhin hat sie in einer Höhe von 50 km. bloss $^1/_{800}$ ihrer gewöhnlichen Dichtigkeit. Das ist unge-

führ der Zustand, welcher mit einer guten Luftpumpe erreicht werden kann. Allein die eigentliche Grenze der Luft scheint nach der jetzigen Wissenschaft näher zu liegen, da die Zunahme der Kälte und die Abnahme der Dichtigkeit wahrscheinlich zu einem Zustand führen, wo die Expansivkraft aufhört. Gestützt auf die angezweifelte Voraussetzung, dass die Gesetze von Mariotte und Gay-Lussac (1778—1850) für jenen Grenzzustand noch gültig seien, und die Temperatur von der Erde nach aussen gleichmässig abnehme, erhielt man 58 km für die Lufthöhe am Aequator und 44 km an den Polen. Das Luftsphäroid wäre also, wie schon früher erwähnt, noch flacher als das Kernsphäroid und hätte eine Abplattung von $^1/_{157}$ statt $^1/_{299}$.

Aus der Haüfigkeit der Detonationen bei Meteoren schliesst Schmidt, der frühere Direktor der Sternwarte zu Athen, auf eine Minimalhöhe der Atmosphäre im August und einer Maximalhöhe im Februar und März. Ich glaube nicht an diese Verschiedenheit unserer Atmosphäre. Kann nicht einerseits die verschiedene Richtung der Erde auf ihrem Rundgange und anderseits die stete Hauptrichtung der Kometen in dem Stadium, wo sie die meisten Meteore erzeugen, daran Schuld sein?

Laplace zeigt, dass die mit der Höhe der Atmosphäre stets zunehmende Fliehkraft und stets abnehmende Schwere unter dem Aequator in einer Entfernung von 5,6 Erdhalbmessern (mittlerer Erdhalbmesser = 860 Meilen zu 7420 m) sich gegenseitig aufheben, und dass über diese Grenze hinaus die Luft, in Folge der Fliehkraft, abspringen müsste. Diese Ansicht ist aber sehr einseitig, sie beruht auf der unwahrscheinlichen Voraussetzung, dass auch in diesem grossen Abstand die Atmosphäre noch genau die gleiche Winkelgeschwindigkeit hätte wie der Erdkern. Verschiedene Erscheinungen deuten aber darauf hin, dass die Atmosphäre in mässiger Höhe die Achsendrehung schneller bewerkstellige als der Kern. In einer Entfernung von vielen tausend Meilen wird aber die immer feiner werdende Luft oder der Aether diese Bewegung nur nach Massgabe des Anschlusses der betreffenden Schichten, also viel langsamer mitmachen, wie im Verlaufe ausführlicher gezeigt wird.

Auch das Nordlicht ist zu Höhenbestimmungen der atmosphärischen Luft verwendet worden.

169. Ergebnisse der Luftwage. Unter dem Luftdruck versteht man das Gewicht einer Luftsaüle von der Oberfläche der Erde bis an die Grenzen des Dunstkreises. Es wird durch die Luftwage bestimmt. Dieses Gewicht gilt bisher als ein konstanter Wert, weil nur abhängig von einer bestimmten Masse, oder von einem bestimmten Stoff und dessen Umfang. Ich beginne mit einer Uebersicht der barometrischen Beobachtungen. Dieselben werden am gewöhnlichen Barometer oder am Aneroid gemacht. Ersteres ist einer Wage mit Gegengewichten, letzteres einer mit Sprungfedern zu vergleichen.

Der mittlere Barometerstand ist nicht derselbe an verschiedenen Punkten des Meeresspiegels. Das hat zuerst der schottische Meteorolog Buchan klargelegt. Am Aequator erreicht dieser Druck 760 mm, zwischen 30 und 40° nördlicher Breite ein Maximum von 765 mm, zwischen 60 und 70 ° n. Breite ein Minimum von 752 mm, zwischen 70 und 80 ° n. Breite 756 mm. In hohen südlichen Breiten ist die durchschnittliche Höhe des Barometers nahezu 30 mm unter dem Durchschnitt der entsprechenden nördlichen. Bei 60 ° s. Br. ist der mittlere Luftdruck 746 mm und nach James Ross bei 70—75 ° s. Br. 734 mm.

Der mittlere Barometerstand ist ferner verschieden nach der absoluten Höhe eines Ortes. Bei 450 m über dem Meer (im mittlern Europa) 715 mm, bei 900 m nur 673 mm, bei 1800 m sogar 595 mm. Gay-Lussac kam bei seiner Luftschiffahrt vom 16. September 1804 zu einer Höhe von 6000 m und er hatte bei —9 ° C. einen Barometerstand von 329 mm. Barrel und Bixio waren bei ihrer Luftreise am 27. Juni 1850, nachdem sie um 4 Uhr Nachmittags bei 17 ° von der pariser Sternwarte aufgestiegen, 3 Viertelstunden später, etwa 20 Minuten lang, in 6345 m Höhe und fanden die Temperatur —46 ° und den Barometerstand 315 mm. Merkwürdig ist, dass der Luftdruck auf Bergen am Aequator grösser ist als in bedeutender Breite, und dagegen am Meeresspiegel geringer am Aequator als in bedeutender Breite. So ist er 471 mm in einer Höhe von 4060 m auf dem Antisana (Aequator, Südamerika) und 458 mm in gleicher Höhe am Pike Peak (39 ° n. Br. Nordamerika); dagegea am Meeresspiegel beim Antisana 759 mm und beim Pike Peak 767 mm.

Auch an einem und demselben Orte steht bekanntlich das Barometer nicht immer gleich hoch, je nach Jahres- und Tages-

zeiten und besonders je nach den herrschenden Winden. Fast in ganz Europa steht im Sommer das Barometer höher als im Frühling oder Herbst, im grössten Teil von Asien dagegen niedriger; im Winter in beiden Erdteilen hoch. Während unsers Winters ist der Luftdruck auf der nördlichen Halbkugel grösser als auf der südlichen; während unsers Sommers kleiner. Im Winter liegt der grösste Druck über den Kontinenten, der geringste über dem Ozean; im Sommer umgekehrt.

In Zürich (Beobachtungsstation 470 m über Meer, 1864—1880) erreicht der Luftdruck im März sein grösseres Minimum (718,8 mm). Dann steigt er ziemlich gleichmässig bis Juni (722,2 mm), erhält sich über Juli und August, erreicht im September sein grösseres Maximum (723 mm), sinkt bis zum November auf das kleinere Minimum herab (720,9 mm) und steigt bis im Januar auf sein kleineres Maximum (722,7 mm).

Die Schwankungen sind am Aequator grösser als in höhern Breiten. Der Luftdruck erreicht in der heissen Jahreszeit der Tropenzone ein Minimum, in der kältern Jahreszeit ein Maximum. Der Unterschied dieser Extreme beträgt c. 15 mm (in Zürich beinahe 5 mm). Am Aequator, vornämlich in der Nähe des Meeres, sind die täglichen Schwankungen so regelmässig wie eine Uhr. Sie zeigen 2 Maxima, Morgens 9 bis 10 Uhr und Abends 10 Uhr und zwei Minima, Morgens und Abends je 4 Uhr. Die täglichen, periodischen Schwankungen betragen am Aequator etwa $2^1/_2$ mm, in Rom 1 mm, in Petersburg (60 °) 0,13 mm. Auf Bergen verspätet sich das Vormittagsmaximum mit der absoluten Höhe und der geographischen Breite. Auf dem Faulhorn tritt es in 2670 m im Sommer erst 1 Uhr Nachmittags ein und das Nachmittagsminimum ist beinahe verschwunden.

Die Wendestunden sind bei uns nicht dieselben für alle Jahreszeiten. In Zürich finden die Beobachtungen 7 Uhr Morgens, 1 Uhr Mittags und 9 Uhr Abends statt. Das Mittagsmittel ist durchweg tiefer als das Morgen- oder Abendmittel. In den Monaten November, Dezember, Januar und März ist das Abendmittel grösser als das Morgenmittel, im Oktober und August sind sie gleich; in den übrigen Monaten ist das Morgenmittel grösser. Die absoluten Extreme variren zwischen 695,8 und 738,7 mm, die mittlern Extreme zwischen 705,56 und 732,73 mm. Die geringsten Schwankungen sind im Sommer (Juli 13 mm), sie nehmen zu bis im De-

zember (25 mm), und von da an wieder ab bis im Juli. Nur zeigt bei den mittlern Extremen der März eine grössere Schwankung als der Februar und bei den absoluten Extremen der Oktober eine grössere Schwankung als der November.

Besonders hervorzuheben ist, dass mit einem thermometrischen Maximum meistens ein barometrisches Minimum zusammenfällt und umgekehrt.

Ueber den Einfluss des Mondes auf den Barometerstand sind die Meinungen noch nicht abgeklärt; indessen hat Sabine (geb. 1788), einer der zuverlässigsten Meteorologen, aus Beobachtungen auf der Sternwarte zu St. Helena abgeleitet, dass der Mond bei seinem Meridiandurchgang den Luftdruck vermehre. Sehr beträchtlich sind die unregelmässigen Schwankungen, welche den Stürmen (Cyklonen) vorausgehen. Dann sinkt das Barometer innert wenigen Stunden um 20 bis 60 mm. Am 1. Oktober 1866 sank es auf der Insel Nassau (Bahama) während eines Sturmes in einer Stunde 18 mm.

Bekanntlich wird das Barometer nebenbei als Wetterglas benutzt. Es lässt nämlich die Windrichtung der obern Luftschichten früher erkennen als die Windfahne, ja früher als die Zirruswolke. Es fällt beim warmen und feuchten Südwind, und steigt beim kalten und trockenen Nordost. Wenn die Winde der obern Schichten regelmässig in die untern übergingen, so wäre dieses Instrument als Wetterprophet noch zuverlässiger.

170. Bisherige Theorie des Luftdrucks. Wie erklärt man gewöhnlich die Veränderungen des Barometers? Die Meteorologen stützen sich wie billig auf die newtonische Theorie. Sie suchen die Verschiedenheit des Luftdruckes durch die Schwungkraft, die Entfernung des Schwerpunktes der Erde und die horizontalen Differenzen in der Dichtigkeit unsers Planeten zu erklären (Köppen). Ich nehme Umgang von den Formeln. Freilich ist der Meteorolog oft im Falle, die newtonischen Faktoren etwas misstrauisch anzusehen. So sagt Hann (die Erde als Weltkörper, Prag und Leipzig, 1884, Seite 92): Ueberhaupt muss man bei Schlüssen auf bedeutendere Aenderungen in der Verteilung der Klimate, die aus den oben erwähnten periodischen Aenderungen der Elemente der Erdbahn (Absiden, Exzentrizität) hervorgehen, grosse Vorsicht walten lassen, nachdem wir aus den jetzigen klimatischen Verhält-

nissen ersehen, dass selbe geradezu im Gegensatz stehen können zu jenen, welche nach den astronomischen Bedingungen stattfinden sollten.

Ich gebe im Folgenden die Erklärung des Luftdrucks, wie sie mir aus dem Unterricht der Jugendzeit noch geblieben ist: Die Erde zieht die Luft wie alle übrigen Stoffe an sich, und da sowohl der Kern der Erde als ihr Dunstkreis unabänderlich dieselbe Masse beibehalten, so ergibt sich auch ein konstanter Luftdruck. In Folge ungleicher Erwärmung und leichter Verschiebbarkeit kann und muss die Luft sehr oft ihren Platz wechseln, sonst hätte jeder Ort immer denselben Luftdruck. Immerhin bleibt der gesamte Luftdruck der Erde eine konstante Grösse. Die erwärmte Luft nimmt aber einen viel grössern Raum ein und begibt sich hauptsächlich in die Höhe. Wie sie die anliegenden Schichten überragt, fliesst sie nach allen Seiten über. Da auf diese Weise über einer erwärmten Stelle bei gegebenen Volumen nicht mehr die ursprüngliche Masse Luft sich befindet, so muss ihr Gewicht, eben der Luftdruck geringer geworden sein, und an den angrenzenden Orten, wohin ein Teil der Luft übergeflossen ist, muss aus demselben Grunde der Luftdruck grösser geworden sein. Bei teilweiser Abkühlung der Luft findet umgekehrt eine Verminderung des Volumens statt; die Luft der umliegenden Orte fliesst dahin über. Wo sich mehr Luft anhaüft, ergibt sich natürlich ein grösserer Luftdruck; wo sie sich vermindert, ergibt sich ein kleinerer. Es scheint diese Erklärung dem Tatbestand zu genügen; aber wenn der Grund falsch, so sind es auch die Konsequenzen, wie das Folgende zeigt.

Hier wie anderwärts erscheint die newtonische Theorie augenfällig in ihrer Einseitigkeit. Sie anerkennt also einfach die Masse der Erde und der Luft und leitet davon das absolute Gewicht ab. Andere Faktoren, die offenbar grossen Einfluss ausüben, werden vernachlässigt, so die Dunstmasse, welche bald in die Luft steigt, bald in Wolkenform in der Luft schwebt; ferner die Winde, welche die Wärme horizontal ausgleichen und den Luftdruck ebenfalls modifiziren, mit einem Worte die Wärme, welche den Luftdruck bestimmt.

171. Kritik der bisherigen Theorie. Es liegt auf der Hand, dass ein bestimmtes Mass atmosphärische Luft (von gegebenem

spezifischem Gewicht) je nach dem Volumen, nach der Region, nach den Tages- nnd Jahreszeiten, nach dem Verhältnis des beigegebenen Wassers in lockerer oder dichter Form, je nach den Winden, kurz, je nach der Wärme ein anderes Gewicht haben muss, gerade wie es das Barometer anzeigt. Aber nicht in dem Sinne, dass der Luftdruck eines Kontinentes, eines Weltmeeres oder der ganzen Erde absolut denselben Wert beibehalten müsse oder könne.

Nimmt man die bekannten drei Wägungen einer mit Hahn verschliessbaren Glaskugel vor, 1) im luftleeren Zustand, 2) mit trockener, atmosphärischer Luft, 3) mit reinem Wasser; zieht man die erste Wägung von der zweiten oder dritten ab, so erhält man im ersten Falle das Gewicht des bestimmten Volumens Luft und im zweiten Falle des gleichen Volumens Wasser. Da die Wägung der Luft bei einem gewissen Druck und einer gewissen Temperatur ausgeführt wird, so muss sie auf den Normalzustand (Druck = 760 mm, Temperatur = 0 ° C.) reduzirt werden. Ebenso muss das Gewicht des Wassers auf die Temperatur + 4 ° C. bezogen werden.

Regnault fand das Gewicht eines dm^3 atmosphärischer Luft im Normalzustande in Paris zu 1,293187 g; dagegen unter 45 ° Nordbreite am Ufer des Meeres zu 1,292770 g. Demnach ist die Luft im Normalzustand 773,533 mal leichter als Wasser bei 4 °.

Denken wir uns aber diese Messungen der Luft an verschiedenen Orten der Erde in beliebiger Höhe, mit beliebiger Feuchtigkeit und Wärme, und ohne weitere Korrektionen und Reduktionen, so ergeben sich kleine Verschiedenheiten im Gewichte der Luft. Kommt dazu noch das verschiedene Volumen der Luft, wie es eben das Barometer anzeigt, so muss der Luftdruck verschieden ausfallen. Ja, der Einfluss der verschiedenen Medien (Luft an verschiedenen Orten, in verschiedener Höhe, mit verschiedener Feuchtigkeit u. s. w.) würde, ohne weitere Korrektion und Reduktion kleine Verschiedenheiten am Gewicht fester Körper ergeben. — Es muss noch besonders hervorgehoben werden, dass innerhalb einer bestimmten Luftschicht für eine gegebene Zeit solche Dunstteile vorkommen, welche den Druck der obern Schicht mit dem ihrigen normalen einfach auf die Unterlage fortpflanzen; dass aber weitere, mehr oder weniger verdichtete Dunstteile einen grössern Druck ausüben, und dass endlich noch andere Dunstteile durch

ihr Steigen den Luftdruck vermindern. Je nach diesen Verhältnissen, je nach Kälte oder Wärme, je nach Schweben, Fallen oder Steigen des Dunstgehaltes muss sich der Luftdruck vermehren oder vermindern, wie es die jährlichen und täglichen Perioden zur Genüge zeigen.

Die angeführte, newtonische Ansicht ist auch von einem andern Standpunkt aus unhaltbar. Sie beruht nämlich auf der primitiven Voraussetzung, der Dunstkreis sei in geringer Höhe abgeschlossen. Nimmt man aber für die Luft nur eine Höhe von 10 oder 15 geographischen Meilen an, so müsste in den obern Regionen kein geringes Quantum jener verdünnten Luft verschoben werden, um die angeführten, barometrischen Schwankungen zu erzeugen. Wenn man aber das Ueberfliessen für ein kleineres Gebiet noch zugibt, so wird die Sache bedenklich, ja unmöglich, wenn es sich um grössere Länderstrecken, um ganze Erdteile, ja sogar — bei Erklärung der periodischen Schwankungen für Sommer und Winter — um je eine Halbkugel handelt, und man vom Ueberfliessen der Luft auf so grosse Raüme sprechen muss.

Dabei bekämen beispielsweise die Aequatorialgegenden zu gewissen Zeiten (zweimal des Jahres) neben ihrer gewöhnlichen Luftmenge noch den überfliessenden Teil je einer Halbkugel und müssten folgerichtig dannzumal einen viel grössern Luftdruck aufweisen, was ja nicht der Fall ist. Diese Erklärung vom Ueberfliessen der Luft fällt somit als grundlos dahin.

Wie auf andern Gebieten der newtonischen Lehre zeigt sich auch hier, dass ihre Behauptungen, wenn sie jetzt aufgestellt werden müssten, nicht mehr in den Kauf genommen würden. Die Gründe, die Erwägungen sind zu fadenscheinig und entsprechen den Tatsachen nicht. Aber da die Theorie zu einer Zeit entstanden ist, wo die Wissenschaft ans Mangel an etwas Besserm sie guthiess, so hat man sie schon mehrmals von einem Geschlecht auf das andere übertragen, ohne die wunderlichen Dinge im Lichte der vorgeschrittenen Erkenntnis genügend zu sichten.

172. Mitbeteiligung der Wärme beim Luftdruck. Wie einfach, natürlich und wahr gestaltet sich der Luftdruck, wenn man den abkühlenden Einfluss der aüssern Aetherschichten, die veränderliche Hitze der Oberfläche der Erde und den nach Umfang und Form veränderlichen Dunstgehalt der Atmosphäre mit in Be-

tracht zieht, und man nicht von einer absoluten, sondern von einer durch die Wärme modifizirten Schwere spricht, wie es die neue Lehre mit sich bringt.

Ist ferner das Ueberfliessen der höhern Luftschichten die Ursache des veränderlichen Barometerstandes, so müssen auf den Bergen die periodischen Schwankungen grösser sein als im Tale, da die obere, überfliessende Luft einen grössern Bruchteil ihres Ganzen ausmacht. Die Beobachtung zeigt wieder das Gegenteil. Im Verhältnis, wie die thermometrischen Schwankungen in der Höhe geringer sind als in der Niederung, werden auch die barometrischen Schwankungen geringer. Also ein deutlicher Fingerzeig.

Man könnte entgegnen, dass eine seitliche Ausgleichung der untern und mittlern Regionen stattfinde. Das führt in der Hauptsache wieder zu den Schwierigkeiten, welche wir beim Ueberfliessen erwähnt haben. Man berücksichtige vielorts die trennenden Hochgebirgsketten einerseits und die grossen Länderstrecken anderseits, welche zu gewissen Zeiten denselben hohen oder niedern Barometerstand zeigen.

Ebenso unerklärlich ist — bei Aufrechthaltung der newtonischen Schwere — wie z. B. im Sommer bei massenhafter Verdunstung das Barometer noch fällt, und bei und nach heftigen Regengüssen, die in wenigen Stunden bis 30 mm Wasser niederschlagen, das Barometer in unsern Breiten gewöhnlich steigt und zwar bis auf 10 mm. Aehnliche Beobachtungen macht man in den Aequatorialgegenden. Obwohl daselbst bald das Wasser massenhaft verdunstet, bald der Regen in Strömen niederfällt, kommen sehr geringe monatliche und jährliche Barometerschwankungen vor. Wäre der Luftdruck das absolute Gewicht der Atmosphäre und des Dunstes, so müsste es entschieden anders sein: der Luftdruck wäre grösser am Mittag, im Sommer und in der heissen Zone.

173. Eigentümlichkeiten des Luftdrucks. Die Verschiedenheit des Barometerstandes am Meeresspiegel — bei ungleicher Breite — kann der Anhänger Newtons nicht erklären. Ans Ueberfliessen der Luft denkt wohl Niemand; ebenso wenig an ein Luftsphäroid, das zwischen 30 und 40° eine aussergewöhnliche Anschwellung und bei 60 und 70° eine auffallende Einschnürung zeigt. Es bleibt als einzige Ausflucht die verschiedene Verteilung

der Erdmasse. Dass aber die Schichten unserer Erde mit der geographischen Breite an Dichtigkeit zu- oder abnehmen, dafür hat man keinen Anhaltspunkt; es sprechen theoretische Gründe sogar dagegen.

Warum ist das Maximum des Barometerstandes auf unserer Halbkugel zwischen 30 und 40 ° (765 mm) und das Minimum zwischen 60 und 70 ° (752 mm)? —

Darin stimmen alle Beobachtungen und Schlüsse überein, dass das Luftsphäroid in der heissen Zone viel mächtiger sei als in den kalten Zonen, und wenn auch der oben mitgeteilte Unterschied von 58 und 44 km unrichtig ist wegen seines absoluten Wertes, so mag bis auf bedeutende Entfernung von der Oberfläche das angedeutete Verhältnis nicht weit von der Wahrheit abstehen, indem in vier Meilen Höhe am Aequator die Luft ähnlich derjenigen in 3 Meilen Höhe an den Polen ist.

Wäre der Luftdruck ein treuer Spiegel dieses vermeintlich wesentlichsten Faktors, d. h. der absoluten Luftmasse, so müsste er von den Polen bis zum Aequator beständig zunehmen und der Unterschied der extremen barometrischen Werte müsste grösser sein.

Dazu käme noch der Einfluss des in der Atmosphäre befindlichen Wasserdunstes, dessen Menge in der Hauptsache ebenfalls von den Polen bis zum Aequator zunimmt. Also würde auch dieses Moment den Luftdruck an den Polen vermindern und am Aequator vermehren.

Ein einziger Faktor vermindert diesen Unterschied einigermassen, nämlich die Fliehkraft, welche am Aequator ein Maximum, an den Polen ein Minimum erreicht. Aber dieser Punkt ist unbedeutend, weil das Maximum der Fliehkraft $^1/_{289}$ der Schwerkraft beträgt und den Luftdruck nicht vollständig um 3 mm vermindern könnte.

Die neue Lehre kann mit der Wärme alle hierauf bezüglichen Erscheinungen erklären. Am Aequator vermindert die grosse Hitze das Uebergewicht der Luftmasse und des Wasserdunstes, an den Polen ersetzt die Kälte den Mangel an Luft und Dunst, so dass der Unterschied im Luftdruck dieser beiden Extreme sich beinahe ausgleicht.

Um das Maximum des Barometerstandes (zwischen 30 und 40 ° Nordbreite) und das Minimum desselben (in Europa zwischen 60 und 70 °) zu erklären, muss man die Luft- und Meeresströ-

mungen ins Auge fassen. Vom Aequator aus gehen gewaltige Ströme feuchter, warmer Luft in den obern Schichten gegen die Pole, während in den untern Schichten kältere, trockenere Luft in umgekehrter Richtung dem Aequator zufliesst. In der subtropischen Zone trifft man einerseits noch bedeutende Hitze und entsprechenden Wasserdunst, anderseits wird der feuchte, äquatoriale Luftstrom soweit abgekühlt, dass er die Atmosphäre ausserordentlich beschwert und vielorts massenhafte Niederschläge veranlasst (Regenzeit). Dadurch wird das Barometer sehr stark in die Höhe getrieben. Es besteht übrigens ein kleinerer, vollständig geschlossener Kreislauf der Luft zwischen dem Aequator und etwa 30 ° n. und s. Breite. Im mittlern, höher gelegenen Europa bringt der Südwind mit seiner warmen Luft das Barometer zum Sinken. So wie er etwas nachlässt, und kältere Winde hinzukommen, so werden die Dünste massenhaft verdichtet; es findet ein bedeutendes Steigen des Barometers statt. Das nördliche Europa zwischen 60 und 70 ° um den atlantischen Ozean hat durch den Golfstrom eine bedeutend höhere Wintertemperatur als andere Länder unter gleicher Breite. So ist in London die mittlere Temperatur des Januar um 8 °, in Drontheim um 12 ° höher als die Normaltemperatur der entsprechenden Parallelkreise für den genannten Monat. Entsprechend steht auch das Barometer niedriger.

Damit habe ich diesen wichtigen Gegenstand nur in einigen Hauptpunkten berührt, durchaus nicht erschöpft.

Der mittlere monatliche Abstand der Barometerschwankungen nimmt im Allgemeinen mit der Entfernung vom Aequator zu. Er beträgt für Java 3 mm, für Madeira 10 mm, Wien 20, Berlin 25, Petersburg 29, auf Island 36 mm. Dass nun die Temperaturveränderungen die Ursache dieser Barometerschwankungen sind, geht daraus hervor, dass sie in den Tropen, wo die Temperatur beinahe konstant ist, auch unbedeutend sind; dagegen in höhern Breiten, wo die extremen Temperaturen immer weiter von einander abstehen, auch der Abstand der zufälligen Barometerschwankungen immer grösser wird.

Was die über Zürich mitgeteilten klimatischen Verhältnisse betrifft, so bestätigen sie im allgemeinen die neue Lehre. Wäre der Luftdruck von der Masse der Luft abhängig, so hätte offenbar der Juli das Maximum und der Januar das Minimum. Da aber der Juli eine Temperatur von 18,62 ° C. und der Januar von

—1,12 ° aufweisen, so gleicht die Wärme das Verhältnis der Dunstmassen ziemlich aus. Im Weitern influiren auch die Winde, indem die Kurve des Luftdruckes derjenigen der Windstärke genau zuwiderlaüft. Und man begreift daher, dass der dunkle und stürmische März das Minimum, und der helle und ruhige September das Maximum des Luftdruckes zeigt.

Zum Schlusse verweise ich noch besonders auf den Barometerstand am Fusse und auf der Höhe des Antisana und des Pike Peak. Er beweist unwiderleglich, dass am Aequator die untern heissen Schichten des Luftmeeres in Folge Verdunstung den Luftdruck einigermassen vermindern, und dass erst in den obern kältern Schichten die Menge der Luft in ihr Recht tritt.

Aber man lasse doch die innern Schichten der Erde bei etwelchen Verschiedenheiten des Luftdruckes in Ruhe. Wenn sie einen Einfluss ausübten, so müsste auch das Wasser im Meeresspiegel entsprechend dünner oder dichter sein.

Bekanntlich rührt der Wassergehalt des Dunstkreises von der Wärme her, und nimmt vom Aequator gegen die Pole hin ab. Ueber den Aequatorialmeeren, wo die Luft fast mit Wasserdunst gesättigt ist, beträgt bei einer Temperatur von 26 oder 27 ° C. das Gewicht des Wasserdampfes in einem m^3 Luft 24 bis 25,5 g, unter 50 ° Breite bei 5 ° Wärme 6,8 g, unter 70 ° bei —9 ° C. 2,5 g. Mit der absoluten Höhe nimmt der Wassergehalt der Luft sehr stark ab, weil die Temperatur sehr rasch sinkt. Das Barometer zeigt uns nun, was von diesen Gewichten wirklich in Betracht kommt. Anders als mit der absoluten, steht es mit der relativen Feuchtigkeit der Luft, welche in höherer geographischer Breite und bis in eine gewisse Höhe grösser wird. Der geringere Wasserdampf ist daselbst durch Wärmeabnahme der Verdichtung näher und sein Gewicht macht sich eher fühlbar. Oberhalb einer gewissen Höhenschicht, die nach den Jahreszeiten veränderlich ist, nimmt dann die relative Trockenheit wieder zu.

174. Luftdruck auf andern Weltkörpern. Indem ich die wesentlichen Punkte des irdischen Luftdrucks noch einmal zusammenfasse und verallgemeinere, ergeben sich die Grundzüge für den Luftdruck der Weltkörper, vorerst der verdichteten. Der Luftdruck rührt in erster Linie von der Grösse des Dunstkreises her.

Der Mond muss einen sehr geringen Luftdruck haben, Jupiter einen sehr grossen.

Der Unterschied im Luftdruck eines Weltkörpers am Pol und am Aequator ist erstens bedingt von der Achsendrehung desselben, und ist also um so grösser, je schneller dieselbe ist. Beim Monde, der sich in 27⅓ Tagen dreht, ist der Unterschied unbedeutend; dagegen bei Jupiter, welcher sich in etwa 10 Stunden dreht, sehr bedeutend. Ein weiterer Unterschied rührt von der Erwärmung her, welche die Sonne auf den Dunstkreis auszuüben vermag, womit natürlich die Grösse der Niederschläge verbunden sind. Dieses Moment ist bedingt von dem Sonnenabstand und der Erwärmungsfähigkeit des betreffenden Dunstkreises, d. h. von seiner mittlern Wärme, seiner Grösse und seiner Fähigkeit, die Sonnenstrahlen durchzulassen und aufzusaugen. Jupiter muss auch in dieser Beziehung grossartige Veränderungen des Luftdruckes aufweisen.

Die Kometen haben in ihrer Sonnenferne eine geringe Atmosphäre mit kleinem Luftdruck, bei ihrer Annäherung zur Sonne eine grössere Atmosphäre, wovon ein bedeutender Teil wegen plötzlicher Erhitzung negative Schwere erhält und sich abzulösen sucht. Auf ihrem ersten Stadium nach der Sonnennähe wird der unverhältnismässig grosse Dunstkreis von der Sonne am allermeisten erwärmt. Sowie aber der Sonnenabstand grösser geworden, muss der Luftdruck sein Maximum erreichen.

Die Sonne muss einen Luftdruck haben, der nicht im Verhältnis zu ihrer ungeheuren Atmosphäre steht; weil ihre grosse Hitze die Dunstmassen fern hält. Da sie aber kolossale Mengen Wärme durch Ausstrahlung einbüsst, so muss sich der Luftdruck verstärken, bis durch Verdichtung einzelner Teile des Dunstkreises neue Wärmemengen entstehen, welche den Druck periodisch vermindern müssen.

Kapitel 3.

Kundgebungen der Schwere.

175. Die Ursache des Gewichtes. Um die neue und alte Theorie einander gegenüberzustellen, benutze ich einige Sätze aus der Astronomie von N. Lockyer, übersetzt von A. Winnecke. Strassburg 1877.

L. (Nummer 273) Warum fällt ein Stein oder ist er schwer? — Alle Stoffe ziehen sich an; ein Stein zieht den andern an, wenn auch mit sehr wenig Kraft. Die Erde aber, die aus einer ungeheuren Masse von verschiedenen Stoffen besteht, zieht alle Dinge auf ihr mit solcher Kraft an, dass, damit verglichen, die Anziehungskraft eines Steines auf den andern kaum bemerkbar ist. —

B. Der Stein fällt nicht deswegen, weil die Erde ihn anzieht, sondern weil die Erde so weit abgekühlt ist, dass er sich verdichten musste. Hätte er genug Wärme, um sich zu verflüchtigen, oder wäre sein Medium heiss genug, so würde er die Oberfläche nicht beschweren, sondern im Dunstkreis schweben und einen viel geringern Druck ausüben, ja sogar unter besonders günstigen Umständen bei negativer Schwere schnell im Dunstkreis steigen.

Seine Stoffe würden z. B. in einer sehr bedeutenden Höhe der Sonnenatmosphäre schweben; bei weiterer Erhitzung in eine noch höhere Schicht steigen, bei Abkühlung tiefer sinken. Bei ausserordentlicher Hitze (Vulkan) könnte der Stein auch auf der Erde verflüchtigt werden und für eine Zeit in die Luft steigen. Um aber daselbst zu verweilen, müsste ein viel heisserer Zustand der Erde und eine sehr ausgedehnte und sehr heisse Luftmasse vorausgesetzt werden. Nicht nur die Wärme, sondern jedes ihrer Aequivalente kann ihn augenblicklich der Schwere entheben, z. B. der Wurf. Aber er hat kein Verbleiben in der Atmosphäre. Bei einer Explosion wirkt der Druck augenblicklich allseitig und weil die Oberfläche der Erde gewöhnlich grossen Widerstand leistet, so wird meistens der Luftdruck vermindert. Sowie aber ein durch die Explosion erzeugtes Gas in die gewöhnliche Luft steigt, so wird es allmälig abgekühlt und macht allmälig mehr Druck geltend. Eine solche Hitze können wir künstlich nicht hervorbringen, die einen genügenden Teil der Atmosphäre oder einen geeigneten Stoff so weit zum Steigen bringt, dass er sich der irdischen Schwere

entziehen kann, sich also von der Erde ablöst und künftig direkt vom Weltäther bearbeitet wird. Und zwar ist gerade die grosse Ausdehnung des Dunstkreises und die tiefe Temperatur des Aethers die Hauptschuld daran.

Das Meteor fällt nicht notwendig auf die Erde, selbst wenn es in ihren Bereich kommt. Es kann sich durch genügende Wärmeentwicklung ihrem Einfluss entziehen. Man hat schon leuchtende Meteore von Italien bis über England hinaus beobachtet. Theoretisch betrachtet, eignen sich grössere Stoffmassen dazu eher als kleinere, besonders wenn sie die nötige Wärme durch Verbrennung und Gasbildung erhalten können. Dieses Faktum spricht gegen die newtonische Theorie. Bei grössern Steinfällen macht man auch die interessante Beobachtung, dass die kleinern Steine zuerst, die grössern zuletzt herabfallen. Diese Erscheinung zeigte besonders schön der Steinregen vom 1. Mai 1860 zu New-Concord (Ohio), wo die Steine auf einem elliptischen Raume von 10 englischen Meilen Länge und 3 Meilen Breite zerstreut lagen. Das Meteor zog von Südost nach Nordwest, dabei lagen von den 30 gefundenen Steinen die kleinsten von 280 bis 560 g Gewicht im Südost, und gegen Nordwest nahmen sie an Grösse zu bis auf 29, 32 und 57 kg.

Bei dieser Gelegenheit macht sich der Einwand geltend, wenn ein sonst dichter Körper in Gasform in die Luft steige, so übe er daselbst unter allen Umständen dasselbe Gewicht aus wie auf der Oberfläche. Also der Wasserdunst, welcher von 1 l Wasser herrühre, sei an allen Orten, zu allen Zeiten und in allen Formen 1 kg, nicht mehr und nicht weniger. So spricht der starre Newtonianer. Er muss sich aber nach seinem Meister gefallen lassen, dass diese Behauptung höchstens nur für die Oberfläche der Erde gelten könne. Wenn man aber mit diesem Wasser die Dampfmaschine spielen lässt, so muss er wohl oder wehe zugeben, dass der Wasserdampf die Schwere auch überwinden kann.

Für uns dreht sich die Hauptfrage eigentlich nicht um jenen Satz, sondern um den Punkt: Ist die Schwere ein Zug, der durch die Anziehung der Erdmasse, oder ein Druck, der durch den erkältenden Einfluss des Aethers auf die aüssersten Schichten des Dunstkreises entsteht und durch diese gegen den Mittelpunkt ausgeübt wird. Offenbar können nach der neuen Ansicht alle bezüglichen Erscheinungen erklärt, ja vollständig auf mittelbare Beziehungen zurückgeführt werden.

176. Gewicht der tauchenden Körper. In Folge der leichten Verschiebbarkeit der Teile ordnen sich verschiedene Flüssigkeiten, die keine Mischung oder Verbindung eingehen, nach dem spezifischen Gewichte, so dass die schwersten zu unterst und die leichtesten zu oberst kommen. Das zeigt uns eine Flasche mit verschiedenen, geeigneten Flüssigkeiten.

In eine Flüssigkeit getaucht, verliert ein fester Körper so viel Gewicht, als dasjenige der verdrängten Flüssigkeit beträgt. Je nachdem der feste Körper spezifisch schwerer, gleich oder leichter ist als die Flüssigkeit, in welche er gebracht wird, muss er sinken, schweben oder schwimmen. Die vorher erwähnte Lagerung verschiedener Flüssigkeiten nach dem spezifischen Gewicht ergibt sich also in gleicher Weise durch die entsprechende Tätigkeit jedes einzelnen Tropfens.

Die luftförmigen Körper haben mit den flüssigen die leichte Verschiebbarkeit ihrer Teilchen gemein; aber unterscheiden sich wesentlich von ihnen durch die veränderliche Dichtigkeit in Folge ihrer von innen nach aussen wirkenden Expansivkraft. Luftarten, die keine chemische Verbindung eingehen und verschiedenes spezifisches Gewicht haben, ordnen sich nicht übereinander wie die Flüssigkeiten, sondern dehnen sich einzeln aus, als wären die andern nicht vorhanden. Ein Beispiel bietet die atmosphärische Luft, ein Gemenge von Sauerstoff, Stickstoff und etwas Kohlensaüre.

Indem die obern Luftschichten mit ihrem Gewicht auf die untern drücken, ergibt sich der bekannte Luftdruck. Die unterste Luftschicht erleidet den grössten Druck und wird auch am dichtesten. Das Mariotte'sche Gesetz lautet: Die Dichtigkeit der Luft steht in geradem Verhältnis zum Druck; aber das Volumen (der Raum) steht in ungekehrtem Verhältnis zum Druck. Die Wirkung der Wärme auf die Gase hat Gay-Lussac erforscht. Man kann eine Gasmasse auf doppelte Weise erwärmen: 1) indem das Volumen abgeschlossen bleibt und die Zunahme der Expansivkraft gemessen wird; 2) indem man den Druck gleich erhält, das Volumen aber sich ausdehnen lässt. Gay-Lussac schlug den letztern Weg ein und fand: 1) die Zunahme des Raumes ist der Zunahme der Wärme proportional; 2) diese Zunahme ist für verschiedene Gase nahezu die gleiche, nämlich für 1 Grad 0,00375 des Volumens bei 0°. Denkt man sich die Umgebung konstant, während man ein Gas oder überhaupt einen Teil der Atmosphäre erwärmt, so muss sich letzterer

ausdehnen, in die Höhe steigen. Sein relatives Gewicht vermindert sich also auf Kosten der Wärme; es hebt auch einen Teil des Luftdruckes auf.

In der Luft verliert der dichte Körper wieder so viel von seinem Gewicht, als die von ihm verdrängte Luft wiegt. Ist eine Luftart in einem Ballon eingeschlossen, so entscheidet das spezifische Gewicht des Gesamtballons, ob er steigen, schweben oder sinken muss. Die Montgolfière, wie sie früher von herumziehenden Leuten in die Höhe gelassen wurde, war ein Ballon aus feinem Papier, welches über ein dünnes Drahtgestell gezogen wurde. Unten war der Ballon offen, er wurde im Freien über ein Feuer gehalten und erwärmt. Die Luft im Ballon dehnte sich aus und entwich teilweise. Dadurch wurde der Ballon zusehends leichter und musste zurückgehalten werden. An dem untersten Drahtring, welcher die erwähnte Oeffnung begrenzte, war diametral ein dünnes Eisenstäbchen gezogen, an welchem zuletzt ein Scheit Kienholz befestigt und angezündet wurde, damit es die Erwärmung noch einige Zeit unterhalte. Dann wurde der Ballon sich selbst überlassen. Er erhob sich schnell in bedeutende Höhe, schwebte daselbst einige Zeit, bis das Holz ausgebrannt war und fiel allmälig wieder auf den Boden durch das Gewicht des Gestelles.

Die Hülle des Ballons mit dem Luftinhalt hat anfänglich ein bestimmtes Gewicht, das offenbar grösser ist als dasjenige eines gleichgrossen Volumens der umliegenden Luft. Sowie aber seine Luft erwärmt wird, vergrössert sie sich derart, dass etwa $^1/_3$ des Inhaltes entweicht. Dadurch bekommt die ganze Vorrichtung ein geringeres spezifisches Gewicht als die Luft an der Erdoberfläche. Der Ballon steigt also bis in eine Höhe, wo die Luft von demselben spezifischen Gewicht ist wie seine mittlere Gesamtmasse. Dort brennt das Kienholz noch aus und erleichtert beständig das Gewicht. Dann aber hört die Erwärmung des Inhaltes (bis etwa 100 ° C.) auf, die Luft im Ballon zieht sich zusammen, die Lücken werden von aussen her angefüllt. Das spezifische Gewicht nimmt zu und der Ballon fällt. Man wird mir kaum entgegnen und sagen, man sehe deutlich, dass der Körper seine Schwere beibehalte. Denn hätte ich daselbst wieder entsprechende Hitze zur Verfügung, so könnte ich den Ballon neuerdings um eine Strecke steigen lassen u. s. f. Das Verfahren wird nicht eingestellt, weil die Natur ihre Mitwirkung versagt, sondern weil

die beschränkten Mittel es nicht erlauben. Der Versuch führt zu dem Schluss, dass mit genügender Wärme die Schwere aufgehoben werden könnte.

Aehnlich ist es mit dem Luftzug im Lampenglas, im Schornstein, mit dem Aufwärtslodern der Flamme: Die Erwärmung gibt der Luft einen grössern Raum, ein geringeres spezifisches Gewicht, so dass sie in die Höhe steigen muss.

Alle diese Verschiedenheiten im Verhalten der Luft sind von der Wärme bedingt und dem davon herrührenden aüssern und innern Druck. Die bestimmte Anziehung der Erdstoffe müsste sonst eine immerwährende Gleichheit des Luftdruckes u. dgl. nach sich ziehen. Wohl ist die Schwere und das Gewicht nicht ganz gleich am Aequator und gegen die Pole, im Tal und in der Höhe; aber nicht nach Massgabe grösserer oder kleinerer anziehender Massen, sondern nach dem Einfluss der Fliehkraft, der Wärme und der Luft. Ebenso ist der Luftdruck verschieden nach der Erwärmung und nicht nach der vermeintlichen Anziehung der irdischen Stoffe unter sich. Der Liter Wasser, welcher 1 kg wiegt und der Wasserdampf, welcher einige kg hebt, zeigen keine Verschiedenheit in der anziehenden Stoffmasse, sondern nur in der Wärme. —

177. Gewicht auf verschiedenen Weltkörpern. L. (274) Gewicht oder Schwere von Etwas bedeutet die Kraft, mit welcher die Erde dieses Etwas anzieht. —

B. Gewicht oder Schwere eines Körpers bedeutet die Kraft, mit welcher derselbe sich in Folge des erkältenden Einflusses des Aethers auf seinen Weltkörper je nach lokaler Wärme und Aggregatform an diesen Weltkörper anschliessen muss.

L. (276) Ein Liter Blei enthält eine grössere Menge Materie oder hat eine grössere Masse als ein Liter Wasser. Das Wort *Masse* ist, so lang wir auf Erden sind, nur ein anderer Ausdruck für *Gewicht*; aber 1 kg Gewicht hier würde 2 kg auf Jupiter wägen, obgleich die Menge des Stoffes oder die Masse dieselbe ist. Handelt es sich darum, Gewichte bei verschiedener Beziehung zu vergleichen, so müssen wir ein beständiges Mass zu ermitteln suchen. (277) Eine Springfeder lässt sich für diesen Zweck benutzen, da ihre Elastizität sich in nichts durch die Schwere verändert. —

B. Benutzt man als Einheit Gewichtssteine oder Eisengewichte, so würde nach der newtonischen Theorie ein Körper in der Hauptsache auf der Erde soviel wägen wie auf Jupiter; denn der allfällig verschieden starke Zug würde sich auf beide Wagschalen geltend machen. Wenn aber zur Bestimmung des Gewichtes eine Springfeder verwendet würde, so müsste der Unterschied in die Augen fallen. Aber auch dieses Mittel würde nicht für alle Fälle hinreichen, da es in heissen Atmosphären zusammenschmelzen müsste. Bei der Messung des irdischen Luftdrucks wird eine Springfeder kaum bessere Dienste leisten als das Barometer. Im Uebrigen halte ich nicht dafür, dass die Masse anziehe, sondern glaube im Gegenteil, dass in der Hauptsache auf Jupiter und andern Weltkörpern dieselbe Anziehung, dasselbe Gewicht eines dichten Körpers sich ergebe wie auf der Erde, unabhängig von der Masse, dagegen abhängig von der Schnelligkeit der Rotation, von der Grösse des Dunstkreises, mit einem Wort von der Wärmestufe eines Weltkörpers. —

L. (279) Das Gewicht ist für Körper in verschiedenen Entfernungen von der Erde nicht dasselbe. —

B. Hier muss man 2 verschiedene Dinge aus einander halten, welche die newtonische Theorie nicht näher unterscheidet, nämlich die eigentliche Verdichtung und die Rundbahn des betreffenden Körpers oder Weltkörpers. Die Verdichtung ist nicht gerade von der Entfernung eines Weltkörpers abhängig, ja kann sich überall im abkühlenden Aether vollziehen, wie die Kometenschweife, Meteore u. dgl. zeigen. Die Rundbahn dagegen ist abhängig von der Bewegung des Aethers, die ein mitschwimmender Weltkörper mitmachen muss und die von der Entfernung des treibenden Hauptkörpers wesentlich bedingt wird, wie wir in der Folge sehen werden. —

L. (281) Newton fand, dass die Anziehungskraft in doppelter Entfernung $^1/_4$, in dreifacher $^1/_9$ sei. —

B. Diese Angabe berührt die Aggregatformen nicht, sonst hätten kleine Weltkörper, wie die Marsmonde, Planetoiden, Meteore u. s. w. ganz andere Aggregatverhältnisse, was mit der Einheit des Weltalls, mit den spektroskopischen Beobachtungen und den irdischen Untersuchungen der Meteore im Widerspruch wäre. Sie hat aber Gültigkeit für die Körper der sich mitbewegenden Aetherschichten.

178. Die absolute und relative Fallgeschwindigkeit. Die ältern Physiker sagen: Alle Körper sind gleich schwer; d. h. die Erde zieht alle Körper in derselben Entfernung gleich stark an, oder alle haben ein gleich grosses Bestreben, zur Erde zu fallen. Die neuern Physiker sind in diesem Punkte vorsichtiger, ja kleinlaut geworden, und mit Recht. Nur die dichten (festen und flüssigen) Körper fallen im leeren Raume gleich schnell, werden also von der Schwere gleichmässig beeinflusst. Bei den luftförmigen Körpern kann man ja den Versuch nicht machen, sie würden einfach den leeren Raum gleichmässig in Beschlag nehmen. Der obige Satz sagt also zu viel, weil wir die Gase auch zu den Körpern zählen und er doch für sie nicht wahr ist. Auch ist es untunlich, einen Satz vorauszuschicken, der erst durch eine ganz besondere Erklärung oder durch wesentliche Ausnahmen brauchbar wird. Man setze also einfach an die Stelle des obigen Satzes: Die dichten Körper fallen im luftleeren Raum mit derselben Geschwindigkeit.

Es ist wirklich überraschend, wenn man die Flaumfeder und das Goldstück in der luftleeren Glasröhre mit einander auffallen sieht und hört. Jeder dichte Körper erlangt am Ende der 1. Sekunde eine absolute Fallbeschleunigung von 9806 mm.

Dagegen fallen die dichten Körper sehr verschieden schnell in der atmosphärischen Luft. Hier tritt das spezifische Gewicht begreiflich in sein Recht. Ja, wir können mit verschiedenen Gasen, und bei schweren Körpern mit verschiedenen Flüssigkeiten die Fallgeschwindigkeit ebenfalls sehr beschränken und mit kleinen Körpern interessante Spielereien ausführen, z. B. eine Nähnadel, Goldpapier und dgl. auf dem Wasser zum Schwimmen bringen. Auch fehlt es hier nicht an schönen Ueberraschungen. Während Eisen auf dem Quecksilber ähnlich schwimmt, wie das Holz auf dem Wasser, sinkt das Gold langsam auf den Grund.

Die relative Fallgeschwindigkeit erklärt auch die früher berührten Gesetze des Tauchens. Wenn z. B. in eine Flasche verschieden schwere Flüssigkeiten getan werden, so fallen die schwersten Tropfen des Gemisches am schnellsten und erreichen zuerst den Grund. Wird in eine Flasche mit verschiedenen Flüssigkeiten noch eine spezifisch schwerere Flüssigkeit geschüttet, so fallen ihre Tropfen ebenfalls auf den Grund, und verdrängen die übrigen Flüssigkeiten nach oben.

Wird ein fester Körper in eine Flüssigkeit gebracht, so fällt er anfänglich rasch und immer langsamer, nämlich im Verhältnis seines Gesamtgewichtes zu dem stets wachsenden Gewichte der verdrängten Flüssigkeit. Wie die beiden Gewichte gleich geworden sind, so hört — Schwankungen ausgenommen — der Fall auf, gleichviel ob der ganze feste Körper in der Flüssigkeit schwebt oder nur ein Teil desselben darin getaucht ist und der andere Teil hervorragt. Im ersten Fall sind der feste und der flüssige Körper spezifisch gleich schwer, im zweiten Fall ist der feste Körper spezifisch leichter. Ist aber der feste Körper spezifisch schwerer als die Flüssigkeit, so fällt er weiter mit einer Schnelligkeit, welche dem Unterschied des spezifischen Gewichts beider Stoffe entspricht. Das archimedische Prinzip lässt sich also auch auf die relative Fallgeschwindigkeit übertragen.

Handelt es sich um abgeschlossene Gase, wie in Luftschiffen u. dgl., so lässt sich das durch Wärme veränderte Volumverhältnis ebenfalls durch die obgenannten Gesetze bestimmen, wobei das mariottesche Gesetz die Veränderlichkeit der Luftschichten bestimmt.

179. Ursache und Unterschied der Fallgeschwindigkeit. Nach der newtonischen Anschauung rührt das Gewicht und die Fallgeschwindigkeit der Körper in erster Linie von der Masse der Erde. Die beiden Momente wären also entsprechend kleiner auf einem Planetoiden, Kometen, Meteor und entsprechend grösser auf Jupiter, auf der Sonne. auf Sirius. Beim Gewicht käme dann die Masse der Körper noch in Betracht, nicht aber bei der Fallgeschwindigkeit.

Für das Gewicht anerkenne ich die Massen oder Atomeinheiten der Körper ebenfalls. Allein die Erdmasse hat nach meiner Ansicht direkt nichts mit dem Gewicht und mit der Fallgeschwindigkeit eines auf ihr befindlichen Körpers zu schaffen. Zwar sind diese beiden Aüsserungen der Schwere von denselben kosmischen Hauptbedingungen abhängig, von der Kälte des Weltäthers und der vorgeschrittenen Verdichtung der Erde; aber ihrem Wesen nach grundverschieden. Während das Gewicht in erster Linie von der Verdichtung, dann von der Dichtigkeit des Körpers bedingt ist, rührt die Fallgeschwindigkeit einzig von der Verschiedenheit der

dichten und der lockern Aggregatform der Materie und ihrer bezüglichen Bewegung.

Heutzutage nimmt man an, es finden in den Atomen der Körper fortwährend bestimmte Schwingungen statt, welche durch die Kälte vermindert und durch die Hitze vermehrt werden. Vielleicht sind diese Schwingungen taktfest innerhalb der einzelnen Aggregatformen; aber verschieden nach der Ausdehnung der Atome. Aus einer Aggregatform in die andere und besonders aus der dichten in die lockere und umgekehrt müssen nicht schrittweise, sondern sprungweise Veränderungen vorkommen. Der erwärmte Wasserdunst strebt den Wolken zu, der erkaltete fällt als Regen herab, der Bach wälzt sich vom Berge zum Tal, der Strom ins Weltmeer. Hier wird das Wasser vom Sonnenstrahl wieder zu den Wolken gehoben und mit ihnen auf unsere Berge getrieben, von wo die Kälte sie wieder talwärts niederschlägt. In diesem Stadium der Verdichtung kommen Gewicht und Fallgeschwindigkeit einseitig übereinstimmend zur Geltung; was aber nicht verhindert, dass sie der Ausdruck verschiedener Eigenschaften der Materie sind.

Da nach dem Spektroskop mit grosser Wahrscheinlichkeit die Materie im bekannten Universum annähernd dieselbe ist und dieselben Eigenschaften hat, so ist nach meiner Ansicht das Fallgesetz ein wahres Weltengesetz. Immerhin muss es nach der Rotation jedes Weltkörpers kleinere Verschiedenheiten zeigen.

Nach E. Schmidt ist die Fallbeschleunigung der 1. Sekunde auf der Erde je nach der Fliehkraft

am Aequator	978,0 cm,
bei 45 °	980,6
am Pol	983,1.

Hätte also die Erde bei gleicher Achsendrehung einen halben oder doppelten Radius, oder wäre gar die Achsendrehung einmal langsamer oder einmal schneller, so würden sich daraus leicht zu berechnende Unterschiede in der Fallgeschwindigkeit ergeben mit Ausnahme an den Polen, was auch auf gleichartige Weltkörper übertragen werden darf.

180. Das Fallgesetz. Der Fall führt auf folgende Gesetze: Die Raüme der einzelnen Zeiten nehmen zu wie die ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7 u. s. w. Die Raüme der ganzen Zeiten wie das

Quadrat der Zeiten. Die Fallhöhe ist die Hälfte des Weges, der mit der gewonnenen Geschwindigkeit in derselben Zeit gleichförmig zurückgelegt würde. Ist also die Fallbeschleunigung am Ende der 1. Sekunde 980,6 cm, so legt der Körper in der 1. Sekunde 490,3 cm. zurück.

Die Beschleunigung der Fallbewegung ergibt sich sehr natürlich. Ein seiner Unterlage beraubter Körper hat anfänglich gar keine Geschwindigkeit. Wenn er nun am Ende der 1. Sekunde 1 Raumteil zurückgelegt hat, so erreicht er am Ende der 1. Sekunde eine doppelte Fallbeschleunigung. Einzig in Folge des Beharrungsvermögens würde er in der 2. Sekunde weitere 2 Raumteile zurücklegen. Allein die ursprüngliche Kraft wirkt fort und bringt ihn noch um 1 Raumteil vorwärts, so dass er im Ganzen in der 2. Sekunde um 3 mal 1 Raumteil fällt u. s. w. Die Raüme der ganzen Zeiten nehmen zu wie das Quadrat der Zeiten nach dem vorhergehenden Satze und der Eigentümlichkeit der Quadratzahlen. Es ist nämlich

$$
\begin{aligned}
1 &= 1^2 \\
1 + 3 &= 2^2 \\
1 + 3 + 5 &= 3^2 \\
1 + 3 + 5 + 7 &= 4^2 \text{ u. s. w.}
\end{aligned}
$$

Die Summe der sieben ersten ungeraden Zahlen ist gleich dem Quadrat von 7. Die Summe der 10 ersten ungeraden Zahlen ist gleich dem Quadrat von 10. Oder auch, die Summe der ungeraden Zahlen von 1 bis und mit 21 ist gleich dem Quadrat von $\frac{1 + 21}{2} = 11^2$. Die Summe der ungeraden Zahlen von 1 bis und mit 25 ist gleich dem Quadrat von $\frac{1 + 25}{2} = 13^2$.

Wie der Luftdruck wechselt nach geographischer Breite, nach der Höhe über dem Meeresspiegel, nach Jahreszeiten u. s. w., so würde man auch feine Unterschiede des Gewichts wahrnehmen, wenn dasselbe mit Springfedern bestimmt würde. Allein da die Gewichte mitbeeinflusst werden, die Versuche grosse Schwierigkeiten darbieten und die gewünschten Aufschlüsse aus ähnlichen Vorgängen (Pendel) leichter und sicherer erhalten werden, so ist diesem Gegenstand eine geringe Aufmerksamkeit geschenkt worden. Bei der Fallgeschwindigkeit können aber keine Influenzen

des Luftdruckes vorkommen, da die Versuche im leeren Raum gemacht werden.

181. Fallgeschwindigkeit im Weltall. Das Gewicht ist abhängig von der Grösse eines Körpers; die Fallgeschwindigkeit nicht. Wenn man indessen die Fallwirkung ins Auge fasst, so kommt die Grösse mit in Betracht.

Ein Weltkörper hat auf den ersten Blick kein Gewicht, weil es sich scheinbar nirgends nach aussen geltend machen kann. Wenn wir aber die Erde auf die Sonne, eben den Nebenkörper auf den Hauptkörper beziehen, dann finden wir ähnliche Verhältnisse wie zwischen dem Regentropfen unserer Atmosphäre und unserm Planetenkern. Der Fall gegen den Hauptkörper ist von denselben Bedingungen abhängig. Es zeigen sich Gewicht und Fallwirkung. Die Fallgeschwindigkeit zeigt sich in der Rundbahn und bleibt dieselbe beim grossen oder kleinen Weltkörper.

Um die Uebereinstimmung deutlicher zu machen, müssten wir annehmen, dass die Sonne periodisch dunkel und leuchtend wäre. Im ersten Falle würde die Erde erkalten und der Sonne zustürzen und im zweiten Falle würde sie sich erwärmen und von der Sonne entfernen. Im jetzigen Stadium unsers Hauptkörpers ist diese Einwirkung im Rundgange der Planeten ausgeprägt. Derselbe Einfluss und dieselbe Bewegung zeigt sich analog an den Stoffen der aüssern Schichten der Sonne. Wie schon erwähnt, ist das Wasser unmöglich auf der Oberfläche der Sonne; dagegen ist es oder ähnliche Stoffe möglich in den aüssern Schichten. Da muss es innerhalb einer Region vom bekannten Temperaturunterschied sich auf- und abwärts bewegen und bei der Achsendrehung mithelfen. Aehnlich ist es auf der Erde und den übrigen Planeten. Der Unterschied in der Wärmeentwicklung der 2 Seiten, welche der Sonne zu- oder abgewandt sind und die damit verbundenen vorherrschend auf- und abwärts gehenden Bewegungen in der Atmosphäre erzeugen die Rotation.

Der Fall ist also dasselbe Moment, das auch den Rundgang und die Achsendrehung der Weltkörper hervorbringt; weswegen auch die gleichen Gesetze zur Geltung kommen. Sind in den einzelnen Weltkörpern ausgedehnte Schichten, so kann der Fall eine grössere Geschwindigkeit erlangen.

Die Kometen verdichten ihren Dunstkreis grösstenteils im Aphelium, und fallen als erkaltete Weltentropfen mit progressiver Fallgeschwindigkeit der Sonne zu. Allein in der Nähe der Sonne beginnt der dem Lichtkörper zugewandte Teil des Dunstkreises sich zu lockern. Die entstehenden Gase wälzen sich auswärts, meistens gegen die Sonne. Die Wärme steigert sich ins Ungeheure wegen der Vergrösserung und Verdichtung der Atmosphäre und wegen der beständigen Annäherung an den Hauptkörper. Der schnellere Fall des Kometen gegen die Sonne und die steigende Hitze seines vordern Teiles bewirken jene seitliche Verschiebung seiner Kopfhülle und jene Bildung seines Schweifes, welcher in Folge gesteigerter Bewegung einerseits weiter von einander entfernt, anderseits mehr abgekühlt wird, wodurch die Bildung ganzer Haufen Meteore stattfindet.

182. Die Richtung des Senklotes. Der zur Erde fallende dichte Körper nimmt — ohne weitere Beeinflussung eine bestimmte Richtung ein, welche der am Faden hängende Körper im Lot oder Senkblei zeigt. Die newtonische Theorie lässt die Fallrichtung von dem Vertreter der Masse, vom Mittelpunkt der Erde, bestimmen; ich dagegen halte dafür, dass diese Fallrichtung je vom nächsten Punkte des Kältemaximums herrühre, welcher seinen Einfluss auf die betreffenden Luftschichten eines Ortes ausüben kann. Nach beiden Theorien ergibt sich in der Hauptsache dieselbe Richtung. Nach der newtonischen Theorie müsste derselbe Ort der Erde unwandelbar die gleiche Richtung des Lotes zeigen; nach der Theorie der Kälteschwere wäre bei extremen Temperaturen nach der Eigentümlichkeit eines Ortes ein etwelcher Unterschied dieser Richtung gedenkbar.

Im Weitern haben die Anhänger der Massenschwere, nach ihrer Weise sehr sinnig, folgenden Schluss gezogen: Wenn die Schwere von der Masse abhängig ist, so müssen grosse Berge auf ihre Umgebung dermassen einwirken, dass das Senkblei ringsherum leicht gegen ihren Fuss abgelenkt wird. Bouguer (1698—1758) machte die erste Beobachtung, deren Laplace, Exposition, IV, 8 erwähnt: Welches ist das Verhältnis der mittlern Dichtigkelt der Erde zu einem bekannten Stoffe auf ihrer Oberfläche? Die Wirkung der Anziehung eines Berges auf die Schwingungen des Pendels und auf die Richtung des Senkbleies kann uns zur Lösung dieser wich-

tigen Aufgabe führen. In Wahrheit sind die höchsten Berge immer sehr klein im Verhältnis zur Erde; aber wir können dem Mittelpunkt ihrer Wirksamkeit sehr nahe treten und das muss in Verbindung mit der Genauigkeit der neuern Beobachtungen ihren Einfluss fühlbar machen. Die sehr hohen Berge Perus schienen zu diesem Zwecke günstig; Bouguer befliss sich daher einer so wichtigen Beobachtung auf seiner Reise, welche er zur Messung der Meridiangrade am Aequator unternahm. Da aber diese grossen Berge in ihrem Innern vulkanisch und hohl waren, so zeigte sich ihre Anziehung viel geringer, als man nach ihrer Grösse vermutete. Immerhin war sie merklich: Die Abnahme der Schwere auf dem Gipfel des Pichincha hätte 0,00149 betragen ohne die Anziehung des Berges; sie ergab aber 0,00118; die Ablenkung des Lotes durch einen andern Berg überstieg 7 Bogensekunden. —

1772 untersuchten Maskelyne und Hutton am Berg Shehallion in Schottland die Richtung des Lotes. Ersterer leitete den astronomischen Teil, letzterer den geodätischen, welcher in der Messung und Schätzung des Berges bestand, behufs Ermittlung seines Gewichtes. Mit Berücksichtigung der Erdrundung fanden diese zwei Männer auf der nördlichen und südlichen Seite zusammen (als Mittel ihrer Bestimmungen) eine Ablenkung von 11,7 Bogensekunden. Daraus schlossen sie auf die Dichtigkeit der Erde und fanden sie ungefähr das Doppelte derjenigen des Berges, absolut zu 4,71.

Bei einer mit der Längenmessung durchgeführten Bestimmung eines Breitengrades auf der Südseite der Alpen zeigten sich störende Lokalanziehungen. Man fand den Grad zu 57687 Toisen, während die übrigen Gradmessungen 57013 Toisen ergaben. Man war gezwungen, an beiden Enden des Grades eine Differenz der Lotablenkung von 42,5 Bogensekunden anzunehmen. L'attraction des montagnes par Zach. Avignon 1804. Gottfried Schweizer, Direktor der Sternwarte in Moskau, veröffentlichte 18 6³/₄ Untersuchungen über die in der Nähe dieser Stadt sich ergebende Lokalattraktion und wies mit Evidenz eine Erdhöhle mit grossen Dimensionen nach. Ob sich das bestätigen wird, muss die Zeit lehren, fügt (in seiner Geschichte der Astronomie, Nummer 224) Direktor Wolf bei, dem ich diese Angaben entnommen habe.

183. Die Ursache dieser Ablenkung. Es fällt mir nicht ein, die veränderte Scheitellinie in Bergesnähe oder in der Ebene der Anziehung des Erdinnern zuzuschreiben; doch muss die neue Lehre auch nach ihrer Weise Rede stehen über diese Erscheinungen. Denken wir uns z. B. das warme Norditalien, von Westen und Norden umsaümt von gewaltigen Gebirgsketten, wo ewige Gletscher thronen, von Süden her den Einflüssen des Meeres ausgesetzt, so müssen sich daselbst, besonders zu gewissen Jahreszeiten klimatische Einflüsse geltend machen, die nicht nur auf Niederschlag, Luftdruck, lokale Wärme, Winde u. dgl., sondern damit auch auf die Ablenkung des Lotes wirken müssen. Man hat über diesen Punkt viele Beobachtungen, die sich mehr oder weniger widersprechen; aber man hat sie nicht zu deuten verstanden, und gewiss auch durch falsche Korrektionen verkleinert oder vergrössert. Die Masse lässt uns eben im Stiche. Wenn sich das Lot einigermassen richten muss nach den klimatischen Erscheinungen, welche durch die Atmosphäre vermittelt werden, so muss es demgemäss veränderlich sein und ein Bruchteil der Aberration, Nutation u. s. w. ist vielleicht diesem Faktor zuzuschreiben.

Bouguer fand in der heissen Zone, wo die Temperatur konstant ist, trotz der grossen Berge anfänglich gar keine Abweichung, erst auf dem Gipfel des Pichincha, wo Verschiedenheiten in der Tagestemperatur vorkommen, fand er einen unbedeutenden Wert. Es steht zu vermuten, dass dieser Punkt durch die Beobachtung nochmals bereinigt werde. Wenn aber das Lot eine kleine Veränderlichkeit ergäbe, an die man bisher nicht gedacht, so könnten eine Menge Widersprüche gelöst werden, die z. B. mit den Gradmessungen verknüpft sind. Ich will einige aufgreifen, deren Laplace in seiner Mechanik des Himmels, erster Teil, III, 5 erwähnt.

Der Azimutwinkel, wie man es am Meridian in Frankreich beobachtet hat, verändert sich nicht im Verhältnis zum gemessenen Bogen.

Die folgende Uebersicht von der Länge der Grade bezieht sich auf nachstehende Messungen:

1) Diejenige von Peru, ausgeführt von Bouguer, umfassend 3,11697 °;

2) diejenige vom Kap der guten Hoffnung, ausgeführt von La Caille, umfassend 1,22148 °;

3) diejenige von Pennsylvanien, ausgeführt von Mason und Dixon, umfassend 1,47915 °;
4) diejenige von Italien, ausgeführt von Boscovisch und Le Maire, umfassend 2,16306 °;
5) diejenige von Frankreich, ausgeführt von Delambre und Méchain, umfassend 9,67383 °;
6) diejenige von Oesterreich, ausgeführt von Liesganig, umfassend 2,94606 °;
7) diejenige von Lappland, ausgeführt von Clairaut, Maupertuis, Le Monnier, umfassend 0,95796 °.

Uebersicht.

	Breite.	Länge der Grade.
1)	0,00000 °	56753,0 Toisen
2)	33,30837	57037,0
3)	39,20004	56888,0
4)	43,01667	56979,0
5)	46,19943	57018,4
6)	47,78334	57074,0
7)	66,33333	57495,0.

Unter der Voraussetzung einer elliptischen Gestalt müsste man noch grössere Fehler zugeben als 108 Toisen. Nur scheint bei der einlässlichen Prüfung dieser Gradmessungen es schwierig, zugleich anzunehmen, dass bei jedem der Grade von Pennsylvanien, vom Kap und von Lappland, auf welche die drei grössten Fehler fallen, ein Irrtum von 108 Toisen sich eingeschlichen habe; es scheint also aus den vorhergehenden Messungen hervorzugehen, dass die Abweichungen eines irdischen Meridiangrades merklich sich entferne von dem Gesetz des Quadrates über dem Sinus der Breite, welches von der Hypothese der elliptischen Meridiane herrührt. —

Bei Gelegenheit der französischen Vermessung sagt Laplace: Es scheint also aus dieser Uebereinstimmung, dass die beträchtliche Abplattung des berührenden Ellipsoids in Frankreich nicht von der Anziehung der Pyrenäen und der andern Berge abhängt, welche im südlichen Frankreich liegen; sie hängt mit einer viel ausgedehntern Anziehung zusammen, deren Wirkung im nördlichen Frankreich und sogar in England spürbar ist, wie in Oesterreich und Italien; denn alle auf diesem Teil der Erdoberfläche ge-

messenen Grade werden bis auf 16 oder 18 Toisen von dem berührenden Ellipsoid repräsentirt, von dem man so eben geredet hat.—

Weiter: Die Azimutalbeobachtungen, welche man schon gemacht hat, beweisen, dass die Meridiane nicht ähnlich sind, und wenn man den Grad am Kap mit den auf der nördlichen Halbkugel gemessenen Graden vergleicht, so hat man Grund zu der Annahme, dass die nördliche und südliche Halbkugel von einander verschiedeu sind. Die Gestalt der Erde ist also sehr zusammengesetzt, wie man es gerne glaubt, wenn man Rücksicht nimmt auf die grossen Unebenheiten ihrer Oberfläche, auf die verschiedene Dichtigkeit der sie bedeckenden Teile nnd auf die Unregelmässigkeiten in der Begrenzung und Tiefe der Meere.

184. Weitere Daten für diese Ablenkung. Wie aus dem Vorhergehenden ersichtlich, schreibe ich die Ablenkung des Senklotes nicht der Masse, sondern den ausserordentlichen Wärmeerscheinungen zu. Wo müssen letztere am meisten und stärksten vorkommen? Beim Uebergang von Ebenen und Hochgebirgen, von Meer und Festland u. s. w. Ich finde diese Ansicht bestätigt durch die in Nr. 182 und 183 angeführten Tatsachen, ferner durch die neuesten Untersuchungen des Professor Davidson in Kalifornien, woraus sich ergibt, dass daselbst das Lot nicht gegen das Gebirge hin, sondern gegen das Weltmeer von der Vertikalen abweicht. Darüber meint Faye, dass durch das Wasser des Meeres die darunter liegenden Schichten der Erdrinde wegen beschleunigter Erkaltung bis in grössere Tiefen viel dichter seien als auf dem Festlande. Indessen steht diese Aüsserung vereinzelt da und würde schwere Konsequenzen nach sich ziehen, welche diesen Notbehelf vielfach rächen würden.

Ich behaupte, wenn die Ansicht von Faye ernstlich gemeint ist, so kann man bei jeder Gelegenheit, also auch wo die Anziehung von Hochgebirgen herrührte, geltend machen: Nicht diese Gebirge, sondern der stärker verdichtete Untergrund wird daran schuld sein. Nur keine Ausflüchte, die nur auf potenzirten, ununtersuchbaren Meinungen beruhen.

Man hat ferner die Beobachtung gemacht, dass auf einer gewissen kalifornischen Station die Vertikale sich seit 1854 um 14″ geändert. Also hätten nach der Ansicht der Newtonianer während dieser Zeit gewaltige Verdichtungen oder Verschiebungen

in der benachbarten Erdrinde stattgefunden. — Diesen Erscheinungen gegenüber scheint mir wahrscheinlich, dass an den meisten Orten je nach den Veränderungen der atmosphärischen Temperaturdifferenzen zwischen ihren entgegengesetzten, benachbarten Abhängen, besonders Süd und Nord, Ost und West stattfinden. Diese würden sich vorzüglich in verschiedenen Jahreszeiten ergeben. Nähere Untersuchungen werden Licht in diese Partie bringen. Aber man hüte sich dannzumal, durch unrichtige Korrektionen die sich ergebenden Unterschiede zu verwischen.

Auch ist gedenkbar, dass durch eine andere Auswahl der Station, die im nördlichen oder südlichen Teile eines Gebirges liegt, ein Unterschied der Ablenkung sich ergebe, welche bisher auf Rechnung verschiedener Jahre gesetzt worden ist.

185. Der Wasserspiegel der Meere. Nach den Annalen der Hydrographie 1884, S. 324 hat das Bureau der europäischen Gradmessung gegen Ende 1883 eine Vergleichung mit dem adriatischen Meere bei Triest und der Ostsee angestellt, welche folgendes Ergebnis liefert:

Nach der Höhenmessung zwischen Swinemünde und Konstanz ist die Höhe von Röderau	100,430 m
nach der sächsischen Höhenmessung liegt Franzensbad über Röderau	349,797 m
nach der bairischen Höhenmessung liegt Eger über Franzensbad	15,977 m
daher Eger über der Ostsee	466,204 m
nach der österreichischen Höhenmessung liegt Eger über der Adria	466,703 m
somit Ostsee über Adria	0,499 m

Nach dem Generalbericht für 1881/82, S. 113 ergeben sich für die Höhenverhältnisse der europäischen Meere folgende Grössen:

Nach der Höhenbestimmung von Swinemünde über die Schweiz nach Marseille liegt die Ostsee über das Mittelmeer	0,664 m
der Nullpunkt des amsterdamer Pegels über der Ostsee	0,242 m
das Mittelwasser der Nordsee am amsterdamer Pegel über der Ostsee	0,093 m
das Mittelwasser bei Ostende über der Ostsee	0,066 m

nach der Höhenbestimmang von Swinemünde über Amsterdam und Ostende nach dem Mittelmeer liegt die Ostsee über dem Mittelmeer 0,658 m
nach der spanischen Höhenbestimmung liegt das Mittelmeer bei Santander höher als das Mittelmeer bei Alicante 0,663 m
Ostsee und Weltmeer bei Santander gehören also bis auf 1 mm derselben Wasserhöhe an; während die Ostsee über dem Mittelmeer liegt um 0,499 m

Ueber diesen Punkt muss ich vorerst noch einige Zitate einschalten.

Plinius sagt (Hist. nat. II, 100): Das schwarze Meer fliesst immer in das Marmorameer über, niemals letzteres in ersteres.

Raumer (Lehrbuch d. allg. Geographie, Leipzig 1835, S. 273): Bei Gibraltar ist eine Doppelströmung, eine obere, östliche (gegen Osten), eine westliche in der Tiefe. Die untere Strömung erkannte man, als 1712 ein französisches Schiff von einem holländischen in dieser Strasse in den Grund geschossen worden war, und nach einiger Zeit 4 französische Meilen westlich im atlantischen Meere wieder zum Vorschein kam. Aus der Ostsee geht eine stete Strömung durch den Sund und den Kattegat in die Nordsee, bis $^3/_4$ Meilen in der Stunde zurücklegend.

Dr. Julius Hann (die Erde als Weltkörper, Prag u. Leipzig, 1884, S. 147 und 179): Zu den wichtigsten Ursachen der Höhendifferenzen der Meere gehört eine stark vorherrschende Windrichtung, welche das Meer vor sich aufstaut. Das rote Meer sinkt während der Periode der konstanten Nordwinde von April bis November um vielleicht 2 Fuss nach Schweinfurt. Ueberwiegt bei einem Binnenmeer mit engem Zugang die Verdunstung über die Wasserzufuhr durch Flüsse, so kann sein Spiegel sich etwas senken, bis der dadurch gesteigerte Zufluss vom offenen Weltmeer her der Verdunstung wieder die Wage hält. Dies ist vielleicht beim Mittelmeere der Fall. Hoher Luftdruck erniedrigt im allgemeinen den Meeresspiegel, bei niedrigem Luftdruck steigt es, theoretisch entspricht einem Steigen des Luftdruckes um 1 mm eine Depression des Meeresspiegels um 13,6 mm. — Evans hat in letzter Zeit aus den allerdings noch wenig zahlreichen regelmässigen Aufzeichnungen der Höhenschwankungen des Meeres gezeigt, dass aus den vorhandenen Daten hervorzugehen scheint, der mitt-

lere Meeresspiegel erreicht auf der südlichen Halbkugel im Juni, auf der nördlichen im Januar seinen höchsten Stand, so dass also auf der südlichen Halbkugel der höchste Wasserstand einzutreten scheint, wenn die Sonne nördlich vom Aequator, auf der nördlichen, wenn sie südlich vom Aequator verweilt. Weitere Bestätigungen dieser merkwürdigen Tatsache müssen abgewartet werden. —

Aus diesen Angaben ziehe ich vorerst den Schluss, dass z. B. der Spiegel der Binnenmeere mit engem Zugang nach der Temperatur (besonders den Jahreszeiten) und nach der Windrichtung veränderlich sein muss. Die Ostsee wird wohl eher unterhalten werden mit Stromwasser im Sommer als im Winter. Beim Mittelmeer ist die Verdunstung im Sommer wohl grösssr als der Zufluss der Ströme und Meerengen, im Winter wohl kleiner. Diese Tatsachen müssen sich wiederspiegeln in der veränderlichen Meereshöhe. Es wäre zu wünschen, dass diese Höhen auf einen bestimmten Tag, z. B. die Herbstnachtgleiche, oder noch besser auf das Mittel der Frühlings- und Herbstnachtgleiche bezogen würden. Ja, noch weitere Rücksichten wären erwünscht. Es ist nämlich einleuchtend, dass ein anhaltender Wind, welcher mit der Richtung der Längenausdehnung eines Binnenmeeres zusammenfällt, je nach seiner Stärke und der Grösse des Zu- oder Ausganges den Meeresspiegel einigermassen beeinflussen muss. So wird ein anhaltender Westwind das Mittelmeer heben; dagegen ein solcher Ostwind es senken, während ein anhaltender Nordwind das rote Meer hebt und der Südwind es senkt.

186. Die Wasserwage. Ich entnehme die folgenden Mitteilungen einer Abhandlung von Dr. Hermann Klein (Gäa, 1884, VIII): Julius Schmidt hat schon längst darauf aufmerksam gemacht, dass die Wasserwagen, welche die Astronomen auf den Sternwarten benutzen, bisweilen Bewegungen zeigen, deren Ursache man unmittelbar nicht nachweisen kann, die aber zeitlich mit weit entfernten Erdbeben zusammenfallen. So sah Schmidt am 28. September 1843, Morgens 11 Uhr 15 Minuten die Luftblase einer Libelle auf der bonner Sternwarte plötzlich in Bewegung geraten und erfuhr später, dass an demselben Tage 8 Uhr 14 Minuten Abends in Kalifornien ein Erdbeben stattgefunden habe. Diese Zusammenstellung eines lokalen Erdbebens mit der Schwankung der Wasserwage in Bonn erscheint auf den ersten Blick etwas

seltsam; allein es sind noch mehr Fälle dieser Art bekannt. So sah man 1861 am 16. Febr., 4 Uhr 4 Min. Nachmittags, eine plötzliche Bewegung an den Libellen der Sternwarte zu Pulkowa und am gleichen Tag, 7½ Uhr Abends, fand ein grosses Erdbeben auf Malakka statt. Ebenso wurden am 20. September 1867, um 6 Uhr 1 Min. Vormittags, auf der Sternwarte zu Pulkowa plötzlich Bewegungen der Libellen bemerkt, während am gleichen Tag, um 5¼ Uhr Morgens, ein grosses Erdbeben im östlichen Mittelmeer stattfand. Sollte ein derartiges Zusammenfallen beider Erscheinungen zufällig sein? Man kann dies kaum zugeben, wenn man die Beobachtungen in Betracht zieht, welche Antoine d'Abbadie mit einem sehr empfindlichen Apparate angestellt hat.

Diesen Apparat nannte er Nadirane und gab davon folgende Beschreibung: Ein abgeschnittener Kegel von Steinmörtel, 10 m hoch und mit einer hohlen Achse versehen, wurde auf einem Felsen zu Abbadia bei Hendaye errichtet. Der Gipfel desselben hat 2 m im Durchmesser und bildet ein festes Gewölbe, das in der Mitte eine vertikale Oeffnung von 120 mm Weite besitzt. Dieselbe ist mit einer eingemauerten, dicken Messingplatte bedeckt, welche ihrerseits eine kreisförmige Oeffnung von 20 mm Durchmesser hat, deren Mitte durch 2 gekreuzte Platindrähte bezeichnet wird. Durch diese Oeffnung wird ein Lichtstrahl vertikal abwärts gesandt, der auf einen in 10 m Entfernung angebrachten, kleinen Spiegel am Boden des Schachtes trifft. Dieser Strahl passirt eine schwere, fest eingerahmte Linse von 120 mm Durchmesser und wird von der Oberfläche eines Quecksilberbades zurückgeworfen. Da die Linse die Platinfäden genau in ihrem Brennpunkt hat, aber nicht ganz genau horizontal liegt, so reflektirt sie das Bild der Fäden in deren Nachbarschaft. Darüber befindet sich ein vertikal aufgestelltes, mit einem Filarmikrometer und Positionskreise versehenes Mikroskop. Wird die Lampe angezündet und besitzt das Quecksilber eine klar reflektirende, reine Oberfläche, so erblickt man im Gesichtsfelde des Mikroskopes die Kreuzfäden und daneben ihr reflektirtes Bild. Es ist einleuchtend, dass der Abstand der Fäden vom Bilde unverändert erscheinen muss, wenn die Quecksilberfläche stets ihrer Lage parallel bleibt. Findet dies aber nicht statt, so misst man den Abstand beider zuerst im Meridian, dann im ersten Vertikal und wenn erforderlich, in jedem andern Azimut. Wegen der beträchtlichen Entfernung des Queck-

silbers von den Platinfäden wird die geringste Abweichung seiner Oberfläche aus ihrer frühern Lage leicht bemerkbar und der Messung zugänglich; doch wird vorausgesetzt, dass die relative Lage der grossen Linse und der Platinfäden unverändert bleibt.

Geringe Erderschütterungen, sagt d'Abbadie, die nirgendwo anders erwähnt wurden, sah ich oft von meinem Apparate angezeigt. Bisweilen verschwand das Bild gänzlich aus dem Gesichtsfelde und kam nach einigen Schwankungen, die allmälig kleiner wurden, wieder zurück. Schwache Bodenstösse lassen das Bild im Gesichtsfelde, dessen Halbmesser 20 ″ beträgt. Mein interessantester, mikroskopischer Erdstoss lieferte dieselbe verschlungene Kurve, welche in Algier gelegentlich der unheilvollen Erschütterung im Jahr 1867 von Cochard's Pendel beschrieben wurde. Der damalige Ausschlagwinkel betrug 18300 ″, der meinige im gedachten Falle nur 7 ″. Dies war im August 1869. Eine seltsame Erscheinung ist diejenige, welche ich „Schlängerung" nenne. Das Bild vibrirt dabei wie eine angeschlagene Stimmgabel, bleibt aber an seiner Stelle, dann springt es, noch schwingend, plötzlich 1 ″ und 2 ″ mit fort und bleibt einige Zeit hindurch an dem neuen Orte wie festgebannt.

Aber noch mehr! d'Abbadie fand selten das Bild einen ganzen Tag hindurch ganz bewegungslos. Stets dagegen ward es gestört, wenn die See unruhig war, und es ergab sich, dass in einer Entfernung von 400 m die Wellen dem benachbarten festen Lande noch eine leise, zitternde Bewegung erteilen! —

Wir wollen hier einstweilen abbrechen, und den Gegenstand nochmals überblicken. Es ist klar, dass der Boden, die sogenannte Grundveste der Erde oft erzittert, und diese Erschütterungen sich auch der Wasserwage mitteilen müssen. Allein ich möchte den bisher vernachlässigsten Teil hervorheben und behaupten, die Wasserwage, besonders eine sehr empfindliche wie die Nadirane, zeigt auch ausserordentliche Spannungsverhältnisse der Atmosphäre, besonders in horizontaler Richtung. Gehen wir auf das erste Beispiel zurück. Man wird es mir nicht verargen, wenn ich die Ausflucht angreife, die man für die Schwankungen der Wasserwage genommen hat. Denn da wäre man keinen Tag verlegen, solche Unregelmässigkeiten mit vulkanischen Ausbrüchen oder Erdbeben in Verbindung zu bringen, nur müsste man eben bis nach Kalifornien oder Malakka ausholen. Ich glaube aber, auch in

diesem Punkte liege das Gute viel näher. Das erste Beispiel widerlegt sich selbst. Wenn also das Erdbeben Abends 8 Uhr in Kalifornien stattgefunden, so hätte die Uhr in Bonn bei einem Längenunterschied von etwa 130 ° mehr als 8 Stunden später angezeigt, ohne in Rechnung zu bringen, wie viel Zeit die Fortpflanzung dieser Erschütterung in Anspruch nehmen musste. Die Schwankung in Bonn wurde aber 9 Stunden vorher wahrgenommen. Besser stimmen in dieser Beziehung das 2. und 3. Beispiel. Wenn das Erdbeben in Malakka 7 ½ Uhr Abends eingetroffen ist, so wies bei einem Längenunterischied von etwa 75 ° die Uhr im westlicher gelegenen Pulkowa etwa 2 ½ Uhr Nachmittags und bliebe für die Fortpflanzung der Erschütterung noch 1 ½ Stunden.

Wenn man aber alle Einzelnheiten zusammenfasst, welche wir bisher in diesem Kapitel erwähnt haben, so ergibt sich nur dann eine einheitliche Erklärung, wenn wir den Grund für die Schwankungen der Wasserwage hauptsächlich in der Atmosphäre suchen.

187. Der Wind und das Erdbeben. Ich erkläre zum voraus, dass ich die meisten Erdbeben der innern Tätigkeit der Erde zuschreibe; aber ich habe viele Jahre hindurch die betreffenden Berichte aufmerksam durchgangen und herausgefunden, dass auch die atmosphärischen Verhältnisse vielfach mit im Spiele sind und dass ihnen die jetzige Wissenschaft zu wenig Rechnung trägt.

Am 5. Dezember 1879 raste ein starker Südweststurm durch die Schweiz. Ich habe beobachtet, dass an mehreren festen Gebaüden die Mauern in der nordöstlichen Ecke Risse bekamen. Vielorts wurden eigentliche Erdbeben beobachtet. Ist es sich zu verwundern, dass z. B. Bergabhänge, welche diesem Sturm ihre Breitseite zukehrten, und Tausende und aber Tausende von Tonnen Druck zu erleiden hatten, gleichsam in ihren Fugen erschüttert wurden?

Es ist eine bekannte Tatsache, dass nach einem starken Erdbeben, das eine sonst ruhige Gegend trifft, längere Zeit einzelne, kleinere Erschütterungen stattfinden. Das erkläre ich folgendermassen: Wenn die innere Erdtätigkeit sich durch eine Verschiebung der Schichten, oder eben durch ein starkes Erdbeben geaüssert hat, so muss die veränderte Ordnung der Dinge, je nach den Teilen der betroffenen Gebirge auch den Stürmen der verschiedenen Richtungen Trotz bieten; und es ist anzunehmen, dass

solche, einigermassen veränderte Erdschichten von dieser sekundären Ursache noch mehrmals gestört werden, und dass also eine durch die innere Erdkraft erschütterte Landschaft nur allmälig zur Ruhe kommt.

Es ist augenblicklich noch nicht möglich, diesen Beweis zur Evidenz zu leisten, weil die bisherigen Beobachtungen diesen Faktor unberücksichtigt liessen. Ich verweise vorerst auf das Erdbeben von Agram vom 9. Nov. 1880, welches sich am folgenden 17., 22. und 23. Dezember, ferner am 15., 16., 19., 25., 26., 27. und 28. Januar 1881 wiederholte. Dann verweile ich etwas länger bei dem neulichen Erdbeben in Spanien, welches am 25. Dezember 1884 so starke Verheerungen in Südspanien angerichtet hat. Damit kamen nach der Meldung der Zeitungen heftige Regengüsse und Schneestürme, und am 29. Dez. starke Erdstösse in Terrox, Provinz Malaga. Bei dem ersten Beben verspürte man an einigen Orten nur 3, an andern, verhältnismässig nahen Orten 17 Stösse. Nach dem ersten Stosse sah man Blitzleuchten am klaren Himmel. Alle Erschütterungen gingen von Süd nach Nord. Die stärksten Stösse waren in den Gebirgen von Ost-Granada in der Richtung gegen Malaga; am 30. Dezember kamen mehrere Erschütterungen mit rotirender Bewegung vor. Es bildeten sich an mehreren Orten ungeheure Erdspalten, in welchen Haüser, sogar Kirchtürme bis zum Helme hinauf versanken. Bis am 4. Jan. 1885 verspürte man täglich neue Erdstösse in verschiedenen Provinzen. Und damit ist sicherlich das Ende der Katastrophe noch nicht erreicht.

188. Das Erzittern des Lotes. Bekanntlich sind in Italien vielorts die vulkanischen Erschütterungen gewöhnliche, so zu sagen tägliche Erscheinungen. Im Jahr 1878 machte Professor Rossi monatelange Versuche mit dem Mikrophon auf seinem seismischen (Seismos-Erdbeben) Observatorium in Rocca di Papa am albaner Gebirge und er konnte bestätigen, dass die damalige Tätigkeit des Vesuvs sogar auf die bedeutende Entfernung wirkte. Er begab sich hierauf nach dem Vesuv-Observatorium Palmieri's und stattete in Gesellschaft des letztern auch dem Krater der Solfatara bei Pozzuoli einen Besuch ab, wobei der unterirdische Vulkanismus sich dem Gehör so stark bemerkbar machte, dass mehrere der Anwesenden über das Getöse erschracken. Palmieri aüsserte sich folgendermassen: Die schwachen Erschütterungen des Bodens, welche

meine Seismographen dem Blick des Beobachters zeigen und in seiner Anwesenheit registriren, können mit dem Mikrophon und einem aufnehmenden Telephon dem Ohre vernehmlich gemacht werden. — Rossi machte Mitteilungen darüber in seiner Zeitschrift „der italienische Vulkanismus".

Das füs Erzitterungen geeignete Instrument ist der Tromometer (Tromos-Zittern) von Bertelli und Rossi. Es besteht aus einem Pendel von 15 m Länge, das am untern Ende ein Gewicht von etwa 100 g trägt, welches in eine Spitze auslaüft, die mit Prisma und Mikroskop beobachtet wird. Damit kann man Grösse und Richtung der zitternden Bewegung messen. In Italien sind viele Beobachtungsstationen errichtet worden, welche einheitlich arbeiten.

Schon längst hat man auf den ältern, etwas unzweckmässig errichteten Sternwarten die Bodenerzitterungen verspürt. Darüber sagt z. B. John Milne (Naturforscher 1884, Seite 160, übersetzt von Dr. Hermann Klein): Erderzitterungen, die durch künstliche Störuugen wie das Vorüberfahren von Wagen oder Eisenbahnzügen, die Bewegungen von Maschinen oder Menschenmassen hervorgebracht werden, sind Gegenstände täglicher Beobachtung. Auf der Sternwarte zu Greenwich führte die zitternde Bewegung des Bodens, die besonders bemerklich war an Feiertagen und zu Zeiten, wo der Park ungewöhnlich stark besucht wird, zur Errichtung eines Apparates, in dem das Gefäss mit Quecksilber, das zur Bestimmung des Kollimationsfehlers beim Durchgangskreise benutzt wird, an schlaffen Fäden aufgehängt war. Mittels dieser Vorrichtung wurden die zitternden Bewegungen des Bodens absorbirt, bevor sie das Quecksilber erreichten, und die Schwierigkeit der Beobachtung war überwunden. Aehnliche Erfahrungen wurden bei vielen andern Gelegenheiten gemacht, und stets mussten gegen diese aus künstlichen Veranlassungen hervorgegangenen Bodenerzitterungen besondere Vorrichtungen bei genauen Messungen angewendet werden. Aus diesen mannigfachen Erfahrungen ergab sich die Tatsache, dass die künstlich hervorgerufenen Erzitterungen oberflächlich sind, und wenn sie auch an der Oberfläche eines mässig geneigten Hügels emporsteigen, so wird ihre Fortpflanzung durch einen steilen Einschnitt schon aufgehalten.

Im Anschluss an die vorhergehenden Nummern, wurde mir durch eigene Beobachtungen nahe gelegt, dass momentane Ablen-

kungen des Pendels ebenfalls ihren Grund im Luftmeer haben können. Die Sache bedarf übrigens noch der Bestätigung. Einst stand ich während eines starken Sturmes mit einer andern Person im Zimmer eines Hauses, das auf Felsen ruht. Plötzlich machte sich ein gewaltiger Windstoss bemerkbar, und wir beide fühlten uns auf die Seite gezogen. Hatte das Haus eine Schwankung gemacht, lag also ein Erdbeben vor? Möglich wäre dies; aber dann hätten wir unsere Lage nur in Beziehung auf unsere Umgebung geändert. Ich glaube, dass die über das Haus hinziehende Luftwelle diese Schwankung veranlasste, ähnlich wie bei den früher erwähnten Schwankungen der Wasserwage.

189. Beobachtungen des Tromometers. Die folgenden Mitteilungen sind derselben Quelle (John Milne) entnommen: Es scheint, dass der Boden Italiens in unaufhörlicher Bewegung begriffen sei und dass Perioden von aussergewöhnlicher Tätigkeit auftreten, die gewöhnlich gegen 10 Tage anhalten. Eine solche Periode kann ein seismischer Sturm genannt werden. Diese Stürme sind durch Perioden von relativer Ruhe getrennt; sie haben eine grössere Regelmässigkeit im Winter; aber deutliche Maxima im Frühling und Herbst. In der Mitte einer solche Periode oder an ihrem Ende liegt gewöhnlich ein Erdbeben. Gewöhnlich stehen diese Stürme in naher Beziehung zu barometrischen Depressionen, welche dann baroseismische Bewegungen genannt werden, während diejenigen bei hohem Luftdruck vulkanoseismische heissen. Die Beziehung dieser Stürme zu den Schwankungen des Luftdruckes war bei einem Ausbruch sehr deutlich. Beim Beginne sind diese Bewegungen gewöhnlich klein und ein Stnrm, der 2 oder 3 Tage anhält, kann mit einem 2. zusammenfliessen. Es wurde nun beobachtet, dass ein niedriger Luftdruck den Sturm auf sein Maximum, und ein hoher Luftdruck denselben zum Verschwinden zu bringen pflegt. Zuweilen sind diese Wirkungen rein lokale, aber zu andern Zeiten können sie eine beträchtliche Strecke Landes betreffen.

Wenn eine Anzahl verschieden langer Pendel an demselben Orte beobachtet werden, so zeigen sie in ihren Bewegungen eine allgemeine Aehnlichkeit; aber man sieht, dass die freie Periode des Pendels den Charakter der Aufzeichnung mehr oder weniger beeinflusst. Die grösste Ausschreitung bei einer Reihe Pendel

wird nicht gleichzeitig von allen Pendeln erreicht, und bei jeder Störung wird die Bewegung eines einzelnen vorherrschen. Daraus schloss Rossi, dass der Charakter der mikroseismischen Bewegung veränderlich ist.

Bertelli hat beobachtet, dass die Richtung des schwankenden Pendels an verschiedenen Orten verschieden ist; jeder Ort muss aber seine eigentümliche Richtung haben, die von der Richtung seiner nahen Täler und Gebirgsketten abhängt. Rossi wies nach, dass die Bewegungsrichtung senkrecht stehe zur Richtung der Spaltungslinien, wobei die Ränder dieser Spalten sich heben und senken und 2 Reihen Wellen erzeugen, von denen eine parallel zur Bruchlinie und die andere dazu senkrecht ist. Diese Bewegungen haben nach Bertelli keine Beziehung zu Wind, Regen, Temperaturveränderung und Luftelektrizität.

Die Störungen, die in verschiedenen Städten aufgezeichnet worden, sind nicht immer genau gleichzeitig, vielmehr folgen sie einander in verschiedenen Zwischenraümen. Nimmt man aber die monatlichen Kurven der Störungen, wie sie in verschiedenen Städten Italiens aufgezeichnet werden, so findet man, dass sie in ihrem Charakter ähnlich sind. Die grössten Störungen treten um die Wintersonnenwende, das Minimum gegen die Sommersonnenwende ein, und zeigen überdies eine volle Uebereinstimmung mit den von Mallet gezeichneten Kurven, welche die Periodizität der Erdbeben nachwiesen.

In Florenz beobachtete man vor einer Erdbebenperiode eine Zunahme in der Ausschreitung und Haüfigkeit der vertikalen Bewegungen. Die vertikalen Bewegungen scheinen nicht einzutreten mit den horizontalen barometrischen Störungen, sondern sie scheinen im Zusammenhang zu stehen mit den seismischen Störungen. Gewöhnlich werden sie von Geraüschen im Telephon begleitet; da aber das Mikrophon so eingerichtet ist, dass es für die vertikale Bewegung empfindlicher ist als für die horizontale, so war dies zu erwarten. Diese vertikale Bewegung scheint eine lokale Wirkung zu sein, insofern als die begleitenden Bewegungen eines Erdbebens, das in einer Entfernung entsteht, horizontale sind. Stürme mikroseismischer Bewegungen scheinen von Ort zu Ort zu wandern. Zuweilen wird ein lokales Erdbeben an dem Tromometer nicht bemerkt, während ein geringeres, das in einiger Ent-

fernung auftritt, deutlich beobachtet wird. Bertelli nimmt zur Erklärung Knoten und Interferenzpunkte an.

Aehnliche Resultate erhielt Rossi, als er an verschiedenen Punkten der Abhänge des Vesuvs beobachtete. Galli gewahrte eine Zunahme der mikroseismischen Tätigkeit, wenn Sonne und Mond dem Meridian nahe sind. Grablovitz fand aus Bertelli's Beobachtungen ein Maximum 2 oder 3 Tage vor den Syzygien und ein Minimum 3 Tage nach denselben. Er fand ferner, dass die grössten Störungen in der Mitte der Perioden auftreten, welche die Quadraturen von den Syzygien, die Erdferne von der Erdnähe, und die Sonnenwende von den Knoten trennen, während die kleinsten Störungen in der Mitte der diesen entgegengesetzten Perioden auftreten.

Melzi behauptet, dass die Kurven mikroseismischer Bewegungen der Erdbeben, der Mond- und Sonnenbewegungen eine Uebereinstimmung unter einander zeigen. Mit dem Mikrophon hörte Rossi Geraüsche, die er als Brausen, Explosionen, welche einzeln oder in Salven auftreten, metallische und glockenähnliche Töne, Ticken u. s. w. beschreibt. Dieselben sind zuweilen unerträglich laut. Am Vesuv entsprachen die vertikalen Stösse einem Geraüsch wie Gewehrsalven, während die wellenförmigen Stösse als Brausen vernehmbar wurden. Manche dieser Geraüsche konnten künstlich nachgemacht werden durch Aneinanderreiben der Leitungsdrähte in der Art, wie die Felsen sich bei einem Erdbeben an einander reiben müssen, oder wenn man das Mikrophon auf ein Gefäss mit siedendem Wasser oder auf eine Marmorplatte stellt, an deren untern Seite man kratzt.

190. Betrachtung über die tromometrischen Verhältnisse, Nach Mitteilung dieser Beobachtungen fährt Dr. Hermann Klein fort: Meines Erachtens sind diese Beobachtungen auch bei Weitem nicht ausreichend, um einen Zusammenhang des Bodenerzitterns mit den Stellungen des Mondes sicher erkennen zu lassen. Weit wahrscheinlicher scheint mir ein Zusammenhang mit dem Luftdruck. Dies wird auch durch Beobachtungen, welche J. Milne seit Februar 1883 in Japan angestellt hat, nahe gelegt. Die Zunahme der mikroseismischen Tätigkeit mit einem Fallen des Barometers ist auch hier ausgesprochen. Die Spitze des Pendels schwingt nicht immer um denselben Punkt; vielmehr zeigt sich

eine Ablenkung von der Vertikalen. In Manila macht Pater Faura gleichfalls Beobachtungen mit einem Tromometer, das ihm durch seine Bewegungen sichere Anzeichen vom Annähern eines Teifuns gibt.

Wie soll man sich nun diesen Zusammenhang ursächlich vorstellen? Milne meint, es könnten vielleicht die Erzitterungen erzeugt werden durch das Biegen und Knittern der Felsen, was durch ihr Aufsteigen bei der Abnahme des atmosphärischen Druckes hervorgebracht werde. Wenn dem so wäre, müssten wir offenbar ähnliche Bewegungen bei der Zunahme dieses Druckes beobachten.

Rossi meint dagegen, sie rühren her von einem gesteigerten Entweichen des Dampfes aus den geschmolzenen Massen unterhalb der Erdrinde, was von einem geringern Luftdruck begünstigt werde. Die Aehnlichkeit einiger der gehörten Geraüsche mit denen, welche vom siedenden Wasser herrühren, ist aber keine Stütze für diese Meinung. Rossi führt Beispiele an, in denen unterirdische Geraüsche ähnlich denjenigen, die wir von einer siedendeu Flüssigkeit erwarten, vor einem Erdbeben ohne Mikrophon gehört wurden.

Aus den Untersuchungen von George und Horace Darwin folgt auch, dass der Erdboden fast ununterbrochen in leisem Erzittern begriffen ist; aber über die wahre Ursache desselben scheint mir noch völliges Dunkel zu herrschen. Vor allen Dingen tun zahlreiche und genaue Beobachtungen not. Diese sind aber nicht in Städten anstellbar, sondern müssten meines Erachtens auf dem flachen Lande angestellt werden, wo die Erde auf ihrer Oberfläche nicht durch menschliche Tätigkeit in Bewegung versetzt wird. Auch müsste man genügende Vorsichtsmassregelu treffen, um den Einfluss der Bodenerwärmung durch die Sonnenstrahlen auszuschliessen. —

Soweit Dr. Klein. Zum Schlusse füge ich noch ein eigenes Wort hinzu. Ich unterscheide also Erdstösse, welche von unterirdischen Kräften und solche, welche von den Lufterscheinungen herrühren. Im Fernern schreibe ich der Luft die gewöhliche Ablenkung des Lotes zu, welche nach den Jahres- und Tageszeiten und besonders nach der Richtung der Berge und Täler verschieden sein muss. Mit dem niedern Luftdruck sind mehr Winde verbunden, die offenbar ein Erzittern des Bodens mit sich bringen, wobei die Richtung der Haupt- und Nebenketten der Gebirge von grossem Einfluss ist. Wo die innere Erdtätigkeit grösser ist und

öfter sich zeigt, muss auch die aüssere mehr zur Geltung kommen. Alle diese, teils langsam, teils schnell beweglichen Faktoren erzeugen eine sehr verwickelte Erscheinung. Die Uebereinstimmung mit einzelnen Erscheinungen der Gezeiten übergehe ich einstweilen, weil ich die Theorie der letztern noch nicht entwickelt habe. Besonders mache ich auf die bei diesen Vorgängen bestätigte Ablenkung des Lotes aufmerksam.

191. Die Länge des Sekundenpendels. Weitaus das zuverlässigste Mass der Schwere, das die feinsten Unterschiede angibt, ist das Pendel.

Nach Nr. 53 fand Richer zuerst, dass das gleiche Pendel nicht überall auf der Erde gleich schnell schwinge. Man erklärte sich diese Eigentümlichkeit durch die Fliehkraft, welche am Aequator ein Maximum erreiche. Es zeigten sich aber immer mehr Abweichungen auf verschiedenen Meridianen und Parallelkreisen, in verschiedenen Höhen u. s. w.

Bouguer fand, wie dasselbe Pendel in 24 Stunden am Ufer des Amazonenstromes 98770 Schwingungen, in Quito (1500 Toisen hoch, zu 1,949 m) 98740 und auf dem Pichincha (2400 Toisen hoch) 98720 Schwingungen machte.

Ich will nun Laplace das Wort geben; Mechanik des Himmels, erster Teil, III, 5. Wir betrachten vorerst die beobachteten Längen des Sekundenpendels. Darunter greife ich die 15 folgenden heraus: Die 2 ersten wurden von Bouguer bestimmt, die eine unter dem Aequator in Peru, die andere in Portobello; die 3. wurde bestimmt von Le Gentil in Pondichery; die 4. wurde aus derjenigen von London entnommen, durch Vergleichung der Schwingungen eines unveränderlichen Pendels, das durch Campelle von London nach Jamaika gebracht wurde; die 5. wurde bestimmt von Bouguer, in Petit Goave; die 6. von La Caille am Kap der guten Hoffnung; die 7. von Darquier in Toulouse; die 8. von Liesganig in Wien; die 9. in Paris von Bouguer; die 10. in Gotha von Zach; die 11. wurde von der des Sekundenpendels von Paris abgeleitet, aus dem Unterschied der Schwingungen eines unveränderlichen Pendels, das von London nach Paris gebracht wurde; die 12. und 14 .wurden in gleicher Weise von Paris abgeleitet durch Mallet für Petersburg und für Ponvi; die 13. wurde von derjenigen von Paris ähnlich abgeleitet durch Grichow für Arensberg; endlich

wurde die 15. nach demselben Verfahren von den französischen Akademikern bestimmt, welche den Meridiangrad in Lappland massen.

Die 9 absoluten Masse haben den Vorteil, nach derselben Methode gemacht worden zu sein. Es wurden nämlich die Schwingungen eines Gewichtes beobachtet, das am Ende eines etwa meterlangen und sehr dünnen Fadens angehängt war und das von oben her von einer Kneipzange gefasst wurde. Alle diese Masse dürfen angesehen werden, als ob sie auf den Meeresspiegel bezogen wären. Ich habe sie auf das Vakuum und auf dieselbe Temperatur bezogen. So muss sogar für den Fall, wo sie irgend eine Ungewissheit über die absolute Länge des Sekundenpendels offen liessen, die Gleichförmigkeit der Methode genau das Gesetz der Abweichungen von dieser Länge, einen der gesuchten Hauptpunkte, ergeben.

Auf die Länge des Sekundenpendels, wie es in Paris von Bouguer beobachtet wurde und wie es als Einheit angenommen wird, habe ich die andern bezogen, welche zudem das Verhältnis der Gewichte desselben Körpers, welcher nach einander an diese verschiedenen Orte gebracht worden ist, zu seinem Gewicht in Paris ausdrücken, das als Gewichtseinheit angenommen worden ist.

	Geogr. Breite.	Länge des Sekundenpendels.
1)	0,000 °	0,99669
2)	9,549	0,99689
3)	11,925	0,99710
4)	18,000	0,99745
5)	18,450	0,99728
6)	33,921	0,99877
7)	43,596	0,99950
8)	48,213	0,99987
9)	48,834	1,00000
10)	50,967	1,00006
11)	51,498	1,00018
12)	58,248	1,00074
13)	59,940	1,00101
14)	66,798	1,00137
15)	67,077	1,00148.

Die Fehlergrenze beträgt 0,00018. Man ersieht, dass die Bestimmenden im Ausdruck des Erdradius, welche die Gestalt der

Erde von der elliptischen Hypothese entfernen, viel weniger stark hervortreten bei der Länge des Sekundenpendels als bei der Grösse der Meridiangrade.

Wir müssen hier bemerken, dass dieselben Unregelmässigkeiten, welche aus der Messung der verschiedenen Grade von Dünnkirchen nach Barzelona hervorgehen, und deren Ursache unzweifelhaft in der Ungleichheit der einzelnen Teile der Erde liegt, bei der Länge des Sekundenpendels wieder auftreten; denn Grichow hat in Petersburg und in Arensberg unter beinahe gleicher Breite, an der Pendellänge Abweichungen beobachtet, welche merklich grösser waren, als wie sie sich aus dem vorhergehenden Gesetz über die Abweichung des Pendels vom Aequator nach den Polen ergeben. Soweit Laplace. —

Es ist sehr auffallend, dass die Gradmessungen, deren Hauptbestimmungen weit mehr mit den extremen Temperaturen verbunden sind, auch viel grössere Ungleichheiten ergeben, als die Pendelbeobachtungen, welche in geschlossenen Raümen und bei gleichartiger Temperatur vorgenommen werden.

Bessel (Untersuchungen über die Länge des Sekundenpendels. Berlin 1828) bestimmte das Sekundenpendel auf Meereshöhe für Königsberg zu 440,8179 pariser Linien, für Berlin zu 440,739. Nach E. Schmidt ist die Länge des Sekundenpendels bei 45 ° Breite 99,35457 cm, nach Pouillet 99,35614 cm; nach Biot im mittlern Europa, unter 45 ° am Ufer des Meeres im leeren Raum 99,35342 cm. — Es ist, als ob noch ein widerhaariges Agens die vollständige Uebereinstimmung verunmögliche.

Sabine bestimmte nach genauen Beobachtungen folgendermassen die Länge des Sekundenpendels in verschiedenen Gegenden:

Ort.	Breite.				Pariser Zoll.
St. Thomas	0 °	24 ′	41 ″	N.	39,012
Ascension	7	55	48	S.	33,024
Jamaika	17	56	7	N.	39,035
New-York	40	42	43		39,101
London	51	31	8		39,139
Drontheim	63	25	54		39,174
Spitzbergen	79	49	58		39,215

Das Pendel kann wie das Lot den Auschlag für Massenschwere oder Kälteschwere geben.

192. Einfluss der Fliehkraft auf das Pendel. Durch die tägliche Drehung der Erde um die Achse ergibt sich eine Fliehkraft, welche die Erscheinungen der Schwere beeinflusst. Unter dem Aequator wirkt die Fliehkraft der Schwere genau entgegen und vermindert dieselbe (Drehungszeit 86164 Sekunden mittlere Zeit, Erdradius 6377398 m) um f = 3,3916 cm. Der Wert der Fliehkraft ist somit $\frac{1}{289,056}$ der Schwere am Aequator. Mit der Schwere bei 45 ° verglichen, bewirkt die Fliehkraft eine Veränderung von $\frac{1}{289,092}$. Die Veränderung, welche aber aus Pendelversuchen abgeleitet wurde, beträgt $\frac{1}{192,789}$; weswegen man sich nach einem neuen Faktor, der eigentümlichen Gestalt der Erde, umsah.

Mit der wachsenden Breite wird der Einfluss der Fliehkraft kleiner, da mit der grössern Breite b der Radius der Drehung von R auf R cos b sinkt, und da die Fliehkraft nur mit einem kleinern Teil f cos b der Schwere entgegenwirkt. Die Verminderung beträgt somit $f^1 = 3,3916 \cos^2 b$ cm.

Die Verminderung durch die Fliehkraft betrifft nur die Schwere der Körper, welche wie das Pendel mit der Erde verbunden sind; nicht aber derjenigen, die gleich dem fallenden oder geworfenen Steine sich frei bewegen. Daher der Unterschied zwischen der Pendelschwere und der Fallschwere. Ausser am Pol ist die Fallschwere grösser als die Pendelschwere und weicht von ihr nach Norden ab. Bei 45 °, wo der Unterschied nahe im Mittel ist, beträgt die Abweichung der Beschleunigung 1,8022 cm und diejenige der Richtung 0 ° 5′ 56,6″.

Beim Foucault'schen Pendel zeigt sich, dass die Drehung der Schwingungsrichtung dem Sinus der geographischen Breite b proportional ist. Macht also die Erde in 1436 Minuten eine Drehung, so bedürfte die Schwingungsrichtung dazu einer Zeit T = $\frac{1436}{\sin b}$.

Nachdem die Verschiedenheit der Fallbeschleunigung einmal konstatirt war, wurde sie von den damaligen Physikern (Picard, Huygens, Newton) mit der veränderlichen Fliehkraft erklärt. Picard sagt 1671 in seiner Mesure de la terre: Die Körper müssen

in Folge der Achsenrotation unter dem Aequator mit geringerer Kraft fallen als unter den Polen, wo das Pendel auch schneller schwingen müsste. Daraufhin musste Richer im Auftrage der pariser Akademie in Cayenne bezügliche Untersuchungen anstellen. Da aber die Beobachtungen nicht auf eine genaue Erdkugel passten, so folgten Erörterungen über die Aufgedunsenheit des Aequators und über die Abplattung der Pole. Huygens machte Versuche mit einer plastischen Rotationskugel (Teigkugel). Die Frage wurde endlich nach 70 Jahren durch die schon erwähnten, äquatorialen und polaren Gradmessungen einstweilen erledigt.

Wenn man aber die Bestimmung der Schwere durch mehr als 2 Jahrhunderte durchgeht, so findet man, dass die Wissenschaft in den verschiedenen Stadien zu einseitig je einen Faktor herbeizog, und nie allseitig und prinzipiell die Frage erledigte, so dass diese noch ungelöst geblieben ist bis auf diesen Tag. Als z. B. seinerzeit die Aufgedunsenheit des Aequators mitspielen musste, da wurde wohl der Fliehkraft, nicht aber der grössern Masse gebührend Rechnung getragen.

193. Dichtigkeit der Erde. In Beziehung auf die Fallbeschleunigung hat das absolute Gewicht keinen Einfluss. Ein Stück Eisen von 1 kg Gewicht fällt in derselben Zeit wie eines von 2, 3, 1000 kg u. s. w. Auch das spezifische Gewicht hat keinen Einfluss auf die Fallbeschleunigung. Kork und Blei, eine Flaumfeder und ein Goldstück fallen im Vakuum mit derselben Geschwindigkeit. Der Erfahrung gemäss können wir also der Erde, als einem vermeintlich anziehenden Körper, keck den Satz aufstellen: Die Fallbeschleunigung bleibt sich gleich, ob die Erde oder irgend ein anderer, vermeintlich anziehender Weltkörper einen kleinen oder grossen, einen spezifisch leichten oder schweren Körper anzieht. Und die Umkehr dieses Satzes ergibt ohne Sophisterei, dass die Grösse und die Masse des Weltkörpers keinen Einfluss auf die Fallbeschleunigung der von ihm abhängigen Körper ausübe. Diesen Satz halte ich für wahr.

Die newtonische Theorie stellt dem gegenüber das Prinzip der anziehenden Massen. Ich kann es nicht anerkennen, und wiederhole nochmals: Die Verdichtung oder der Uebergang aus dem gasförmigen in den dichten Zustand hat zur Folge, dass ein Körper, welcher als Gas einen kleinern oder grössern Druck, eine

kleinere oder grössere Bewegung gegen den Sitz der Kälte oder Hitze gezeigt, in Folge der Abkühlung einen bestimmten einseitigen Druck in der Richtung gegen den Sitz der Wärme ausübt, oder wenn er keine Unterlage hat, eine bestimmte einseitige Bewegung in derselben Richtung ausführt.

Ob die Erde als Ganzes mehr oder weniger dicht sei, hat einen geringen praktischen Wert. Anders steht es mit der Dichtigkeit der Oberfläche, weil davon die Bewohnbarkeit unsers Planeten abhängt. Da aber die newtonische Theorie alle astronomischen Berechnungen auf die Masse stützt, so hat die Bestimmung der Dichtigkeit der Weltkörper eine wesentliche Rolle gespielt.

Man suchte vorerst die Dichtigkeit unsers Planeten zu ermitteln, um hernach auf diejenige der benachbarten Weltkörper zu schliessen. Der Plan war lobenswert. Die Erde hat schon ungeheure Schwierigkeiten dargeboten. Und wenn schliesslich die Resultate nicht übel klappen, so kann sich Niemand für diese Errungenschaften begeistern. Newton war theoretisch vorgegangen und um seine Angabe über die Dichtigkeit der Erde (Nr. 50, Prinzipien III, 10) krystallisiren sich wie um einen Kern alle Ergebnisse.

Nach Nr. 182 bestimmten also Maskelyne und Hutton die Dichtigkeit der Erde zu 4,71. James machte 1856 einen ähnlichen Versuch am Berge Arthur's Seat bei Edinburg und erhielt für die mittlere Dichte der Erde 5,3. Cavendish (1731—1810), ein reicher Privatgelehrter, fand 1798 mit der Torsionswage 5,48. Er anerkennt ein störendes Agens, das ihn oft beeinflusste, ohne dass er es zu ergründen vermochte. Das war ohne Zweifel die Wärme. Reich in Freiberg fand 1837 durch das gleiche Verfahren 5,49; Baily in London 5,67; Reich 1852 dann 5,58; Cornu in Paris 1871/72 endlich 5,56. Carlini fand 1824 aus den Schwingungen eines Pendels auf dem Mont Cenis (mit Korrektion von Schmidt) eine Dichte der Erde von 4,837. Airy, Direktor der Sternwarte in Greenwich, erhielt 1854 aus den Beobachtungen einer Pendeluhr in den Gruben von Harton in Cornwall 6,623, was nach Haughton's Korrektur auf 5,480 reduzirt wurde. Mendenhall erhielt 1880 auf dem Fuji Yama und zu Tokio 5,77. Jolly benutzte eine Wage, deren Schalen einen vertikalen Abstand von 21,005 m hatten. Ein Gewicht von 5 kg, das von der obern in die untere Schale versetzt wurde, wog daselbst 31,7 mg mehr

und wenn unter die untere Schale eine Bleikugel von 1 m Durchmesser gebracht wurde, sogar 32,3 mg mehr. Daraus ergab sich eine mittlere Dichte der Erde von 5,69.

Können uns solche Ergebnisse befriedigen? — Nein, die Widersprüche sind greifbar, wenn sie auch von der Korrektionslust bemäntelt werden.

Uebrigens hat die Dichte der Weltkörper auf ihre gegenseitigen Beziehungen einen untergeordneten Wert; dagegen tritt die Wärme in den Vordergrund. Ihre Ermittlung auf Erden und am Himmel ist leicht; und ihre Wirkungen sind einfach.

Kapitel 4.

Einfluss der Schwere auf Stoff und Gestalt der Weltkörper.

194. Die Schwere auf andern Weltkörpern. Man hat nach den Voraussetzungen der Massenschwere die Berechnung des spezifischen Gewichtes auf die übrigen Weltkörper unsers Sonnensystems ausgedehnt. Es war eine Sache von höchster Wichtigkeit, weil davon das Eingreifen jedes einzelnen Weltkörpers in das Gesamtgetriebe abhing. Dabei schlug man 2 verschiedene Wege ein. Mit Rücksicht auf die sie begleitenden Nebenkörper fand man die Dichte bei der Sonne 1,38; bei Jupiter 1,25; bei Saturn 0,72; bei Uranus 0,72; mit Rücksicht auf die von ihnen ausgeübten Störungen bei Merkur 6,7; bei Venus 5; bei Mars 5,3. Gerade bei letzterm Planeten hat man nun Gelegenheit, die beiden Methoden einander gegenüberzustellen.

Ich verweise vorerst auf die Nrn. 122 und 123, dann auf Nr. 49 (Newton's Prinzipien III, 8, Zus. 3 und 4).

Um ja Fehler auf Fehler zu haüfen, berechnete man weiter aus dieser Dichtigkeit und dem Umfange der Weltkörper ihre vermeintliche Schwerkraft auf der Oberfläche und fand für die Sonne 28,1 (Schwerkraft der Erde = 1); für Venus 0,91; für Mars 0,5; für Jupiter 2,6; für den Erdmond 0,16; für den ersten Jupiter-

mond 0,2; für den zweiten 0,4; für den dritten 0,3; für den vierten 0,25.

Merkur wurde von Enke zu $^1/_{4866000}$ der Sonnenmasse bestimmt, nach neuern Berechnungen zu $^1/_{4343000}$, woraus sich ein spezifisches Gewicht von 1,56 desjenigen der Erde (somit etwa 8) ergibt. Mars ist nach der Methode der Störungen von Burkhardt zu $^1/_{2680637}$ und nach der Methode der Nebenkörper von Newcomb zu $^1/_{3090000}$ der Sonnenmasse berechnet worden.

In Folge der oben ermittelten Schwere geben die Newtonianer die Fallhöhe in der 1. Zeitsekunde für andere Weltkörper folgendermassen in Metern an: auf der Sonne 135; auf Merkur 2,73; Venus 4,14; Mond 0,81; Mars 2,05; Jupiter 12,63; Saturn 5,38; Uranus 3,6; Neptun 3,36. Hören wir Mädler über einige Asteroiden: Unsere Erde ist entschieden einer der dichtesten Weltkörper des Sonnensystems; setzen wir also die Dichte der Asteroiden derjenigen der Erde gleich, so ergibt sich für Vesta eine Schwere an der Oberfläche gleich $^1/_{30}$ der unsrigen, so dass 1 kg zu 33 g und die Fallhöhe auf 18 cm in der 1. Sekunde heruntersinkt; für Thetis erhalten wir eine Schwere von $^1/_{212}$ und eine Fallhöhe von 25 cm. Bei einem Durchmesser von $4^1/_2$ Meilen, wie es für einige der neuesten nicht unwahrscheinlich ist, wäre die Schwere $^1/_{400}$ und die Fallhöhe 13 mm. Eine solche Fallhöhe kann gleich Null gesetzt werden; wir hätten ohne alle Vorrichtung keine Schwierigkeit, uns beliebig hoch in die Luft zu erheben. —

Bei Mars meint dann Mädler, seine Atmosphäre richte sich in Grösse und Dichtigkeit nach der Schwere. Welche Widersprüche! Und bei den Planetoiden? bei Mond? bei der Sonne? Man ersieht aus diesen Beispielen, wie weit falsche Grundsätze führen.

Nach P. Angelo Secchi, die Sterne, Leipzig 1878, verhalten sich je die Massen der Planeten zu der Sonne,

Merkur	1 :	4348000		Jupiter	1 :	1050	
Venus	1 :	412150		Saturn	1 :	3529	
Erde	1 :	324479		Uranus	1 :	22057	
Mars	1 :	2968300		Neptun	1 :	17500.	

Kein Kapitel hat ein so unsicheres Fundament und so grelle Widersprüche wie dasjenige über die Dichtigkeit der Weltkörper nach der newtonischen Theorie. Die gefundenen Werte sind so unwahrscheinlich, so abweichend und stacheln die Korrektionslust

auf. Dann spielt nur die Grösse eine Rolle und der richtige Faktor, die Wärme, wird ausser Acht gelassen. Wohl berührt Newton in dem vorhergehenden Zitat auch den Einfluss der Sonnenwärme; aber des zweiten Faktors, der Atmosphären der Planeten, wird mit keinem Worte gedacht. Ist es denn so wahrscheinlich, dass eine Bleikugel in der 1. Sekunde auf dem kalten Mond blos 0,780 m und auf der feurigen Sonne 135,080 m falle. Wird sie da nicht vielmehr in Gas aufgelöst, und Tausende von Meilen in entgegengesetzter Richtung dem Sitz der Kälte zustreben? —

Oder stehe ich mit meinen Behauptungen vereinzelt da? Macht nicht Newton selbst an andern Stellen dieselben natürlichen Bedingungen? Z. B. Prinzipien, zweites Buch, Proposition 52, Scholium: Bei diesem allem nehme ich an, dass die Kugel sowohl an Dichtigkeit als an Flüssigkeit aus einem gleichförmigen Stoffe bestehe. So kann dieselbe Kugel mit derselben Bewegung in demselben Zeitabschnitt ähnliche und gleiche Bewegungen in immer gleichen Entfernungen, wo immer sie auch der Flüssigkeit übergeben wird, ausführen.

Und besonders Nr. 47, 2. Regel. — Er könnte hinzufügen: Der Schmelzung des Bleies im Hochofen uud auf der Sonne. Ferner die 3. Regel.

Könnte man nicht in seiner Art sagen: Wenn also die Flaumfeder und das Goldstück mit derselben Geschwindigkeit im Vakuum fallen, so werden sie auch entsprechend mit derselben Geschwindigkeit auf der Erde, auf der Juno, auf der Vesta u. s. w. fallen?

195. Eigentümlichkeiten dieser Schwere. Besonders ältere Astronomen stellen nebenbei urkomische Vergleichungen an, die in neuern Schriften teilweise aufgefrischt, teilweise von ähnlichen, baroken Dingen überboten werden. So sagt Mädler: Wir könnten auf der Sonne bloss den Fuss erheben und müssten nach wenigen Schritten zusammensinken. Ein mit Gewalt geworfener Stein würde kaum Kopfhöhe erreichen. Unsere Pflanzen würden niedergedrückt.

Ich glaube im Gegenteil, wir könnten den Fuss nicht absetzen, sondern er würde in Gasform fern von der Oberfläche auseinander stieben. Der Stein und die Pflanze würden den Sonnenkern nicht belästigen, sondern ihre luftförmigen Bestandteile würden sich Tausende von Meilen von demselben ferne halten.

J. J. Littrow sagt über die Mondbewohner: Sie arbeiten leichter, mit geringerem Kraftaufwand, die Tänzer können fünfmal höhere Sprünge machen. — Prosit! Aber wenn ein Mondkrater Gase speit, glaubt dann auch ein Mensch, dass dieselben sich langsamer verdichten und langsamer niederfallen als auf der Erde?

Ferner wird herausgefunden, Jupiter könne kein Wasser haben, weil er zu wenig dicht sei; Merkur könne keinen Trabanten haben, weil dadurch zu grosse Störungen entstünden u. dgl.

Ich will zum bessern Verständnis nochmals wiederholen: Die sogenannte Schwere, jene unmittelbare Kraft Newton's, die nach Laplace mit einer Geschwindigkeit von mindestens 50 Millionen mal derjenigen des Lichtes sich fortpflanzt, ist eine Folge der Kälte und der Verdichtung, welche dem Körper nicht mehr abwechselnd eine Bewegung gegen den Sitz der Hitze oder der Kälte gestattet und ist weiter nichts als der einseitige Druck oder die einseitige Bewegung, welche ihm (nach Verzichtleistung auf anderweitige Eigenschaften) bei der mangelnden Wärme noch geblieben ist.

Die Erscheinungen der Schwere rühren von der Wärme und den Verdichtungsstufen der Weltkörper her. Sie müssen wesentlich dieselben sein auf der Erde und den ihr ähnlichen Planeten, auf der Sonne und den ihr ähnlichen Kometen; ja nicht nur im Sonnensystem, sondern in allen Weltsystemen, so weit die Wärme mitwirkt. Die gleichen Stoffe werden als Bestandteile der kleinern und grössern Weltkörper ähnliche Verwandlungen durchmachen, wenn auch in verschiedenen, absoluten Perioden.

Ganz richtig sagt Newton in seinen Prinzipien III, 8, Zus. 4, dass die Sonne dem Merkur mehr Wärme zusende als dem Saturn. Das lässt sich nicht leugnen. Aber ich bitte, die Klagen über die schreckliche Kälte Saturns noch einige Zeit zurückzuhalten. Ich will später zeigen, dass sehr wahrscheinlich auf dem kleinen Merkur schon viel mehr Wesen erfroren sind als auf dem grossen Saturn.

Was man nicht kennt, erscheint geheimnisvoll und flösst Schrecken ein. So war es mit dem horror vacui, so ist es mit der Schwere. Sie sollte auf den verschiedenen Weltkörpern das Unmögliche leisten, eine unglaubliche Geschwindigkeit besitzen und einen grossen Teil des Weltengetriebes besorgen. In Zukunft wird sie als selbständige Kraft zurücktreten, sie wird sich als ein Zustand einschreiben lassen, der keine Geschwindigkeit vonnöten hat.

Ihre einseitige und plumpe Rolle im Weltengetriebe wird die vielseitige und gewandte Wärme übernehmen. Diese wird nicht Tag für Tag nur das gleiche Stück im gleichen Tone herunterleiern, sondern Mannigfaltigkeit und Leben ins Spiel bringen. Ihr Auftreten wird die ganze Weltbühne beherrschen und die Runzeln der verblüfften Zuschauer glätten, welche bei dem Glanz des neuen Lichtes zuerst an nichts anderes als an einen Weltuntergang erinnert werden.

196. Gestalt der Weltkörper nach Laplace (Schichtung und Abplattung). Ich berühre nur die wesentlichsten Punkte, wie sie die newtonische Lehre erklärt; daher ein Auszug aus Laplace, Exposition des Weltsystems, IV, 8.

Die Schwere der Planeten besteht in der Anziehung aller ihrer Moleküle. Wären ihre Massen flüssig und ohne Rotationsbewegung, so wäre ihre Gestalt und diejenige ihrer Schichten sphärisch; und ihre innersten Schichten wären die dichtesten. Die Schwere an der aüssern Oberfläche oder in einer beliebigen Entfernung ausserhalb wäre dieselbe, wie wenn die ganze Masse im Schwerpunkt vereinigt wäre; weswegen die Sonne, die Planeten, Kometen und Satelliten auf einander wirkten wie eben so viele materielle Punkte. Auch ein Körper in einer sphärischen Schicht von durchweg gleicher Dicke wird von allen Seiten gleichmässig angezogen, so dass er mitten unter allen Anziehungen in Ruhe verharrt. Dasselbe findet statt in einer elliptischen Schicht, deren innere und aüssere Oberfläche ähnlich sind und ähnlich liegen. Bei homogenen Planeten nimmt die Schwere in ihrem Innern mit dem Abstande vom Mittelpunkt ab; denn die aüssere Hülle trägt nicht zur Schwere bei.

Aber die Planetenschichten nehmen wahrscheinlich gegen den Mittelpunkt an Dichte zu, und dann nimmt die Schwere im Innern weniger ab, als im Fall ihrer Homogeneität oder Gleichförmigkeit. Auch ändert die Achsendrehung einigermassen ihre sphärische Gestalt, die Fliehkraft bläst den Aequator auf und plattet die Pole ab. Weil die Fliehkraft am Aequator $^1/_{289}$ ihrer Schwere ausmacht, so ist die Erde ein Drehellipsoid, dessen Pol- und Aequatorachse sich verhalten = 577 : 578. Das Gleichgewicht bliebe sogar erhalten, wenn ein Teil der Masse fest würde, insofern die Schwerkraft sich gleich erhielte.

Die Gradmessungen geben der Erde eine grössere Abplattung als $^1/_{578}$, und die Pendelmessungen zeigen eine kleinere Abnahme der Schwere von den Polen zum Aequator, als die blosse Rechnung ergibt. Aus diesen beiderseitigen Messungen ergibt sich, dass die Schwere nicht gegen einen einzigen Punkt gerichtet ist. Newton vermutete, die Erde sei ein Sphäroid. Mit dieser Hypothese und mit derjenigen der Homogeneität der Erde fand er das Verhältnis der beiden Achsen = 229 : 230. So würde also der Halbmesser am Aequator denjenigen am Pol um $^1/_{230}$ übertreffen, genau wie die Schwere am Pol diejenige am Aequator um $^1/_{230}$ übertreffen müsste.

197. Dasselbe (Drehungsdauer, Elliptizität). Die kleinste Drehungsdauer einer im Gleichgewicht befindlichen, gleichartigen Flüssigkeit von der mittlern Dichtigkeit der Erde beträgt 0,1009 Tag oder 2 Stunden 25 Minuten 18 Sekunden; und diese Grenze verändert sich im umgekehrten Verhältnis zur Quadratwurzel der Dichtigkeit. Wenn die Drehung schneller wird, so plattet sich die flüssige Masse an den Polen ab; dadurch wird die Rotationsdauer geringer und fällt in die dem Zustande des Gleichgewichts entsprechenden Grenzen. Nach einer grossen Anzahl Schwingungen gleicht sich die Flüssigkeit durch Reibung und Widerstand in diesem Zustande aus, welcher einzig in seiner Art ist und bestimmt wird durch den ersten Anstoss; und welches auch die ursprünglichen Kräfte der Moleküle seien, so wird die Achse, welche durch den Schwerpunkt der flüssigen Masse geht, und für welche das Moment der Kräfte ursprünglich ein Maximum war, zur Drehachse.

Aus den Messungen der Pendel ergibt sich also, dass die Erde nicht homogen ist. Immerhin nimmt die Dichtigkeit ihrer Schichten von der Oberfläche bis zum Mittelpunkt zu; es ist sogar für den Bestand der Meere notwendig, dass deren Dichtigkeit geringer sei als die mittlere Dichtigkeit der Erde. Sonst würden ihre von Winden u. dgl. aufgeregten Gewässer öfter das Festland überschwemmen. Das Meer bedeckt also einen Kern, dessen Schichten vom Mittelpunkt nach der Oberfläche an Dichtigkeit abnehmen. Nach den wahrscheinlichsten Hypothesen über das Gesetz der Dichtigkeit und Elliptizität ihrer Schichten ist die Abplattung der Erde geringer als im Falle der Gleichartigkeit und grösser, als

wenn die Schwere gegen einen Punkt gerichtet wäre; die Zunahme der Schwere vom Aequator gegen die Pole ist grösser als im ersten Fall und kleiner als im zweiten. Aber es besteht zwischen der Gesamtzunahme der Schwere, die am Aequator als Einheit angenommen wird, und der Elliptizität der Erde eine merkwürdige Beziehung, nämlich dass nach allen Hypothesen über das Wesen des Kerns, den das Meer bedeckt, die Elliptizität der ganzen Erde ebenso viel unter derjenigen ist, welche im Falle der Gleichartigkeit stattfindet, als die Gesamtzunahme der Schwere unter derjenigen ist, welche im selben Falle stattfindet und umgekehrt, so dass die Summe dieser Zunahme und der Elliptizität immer die gleiche bleibt, nämlich fünfmal die Hälfte des Verhältnisses von der Fliehkraft zur Schwere am Aequator, was für die Erde $^1/_{115,2}$ ausmacht.

198. Dasselbe (Verschiedenheit der Schichten, Ungleichheiten des Mondes). Durch Vergleichung der Messuugen mit diesem Verhältnis erhält man für die Abplattung der Erde $^1/_{304,8}$. Diese Abplattung muss nun den Gradmessungen entsprechen, insofern die elliptische Gestalt vorkommt. Allein sie setzt im Gegenteil beträchtliche Irrtümer voraus, welche mit der Schwierigkeit, alle diese Masse auf denselben elliptischen Meridian zu beziehen, auf eine zusammengesetztere Gestalt der Erde hinweist, als man zuerst geglaubt hatte; was indessen nicht auffällt, wenn man die Unregelmässigkeit der Meerestiefe, die Erhebung der Festländer und Inseln, die Höhe der Berge und die ungleiche Dichte sowohl des Wassers als der übrigen Stoffe auf der Erdoberfläche erwägt. Nach vielen Anstrengungen der Mathematiker d'Alembert, Bouguer, Legendre fand Laplace durch die Analysis, dass die Grenzen der Abplattung des ganzen Ellipsoids innerhalb $^5/_4$ und $^1/_2$ des Verhältnisses zwischen der Fliehkraft und der Schwere am Aequator liegen, und dass die 1. Grenze sich auf die Gleichartigkeit der Masse und die 2. auf den Fall bezieht, wo die dem Mittelpunkt nahen Schichten unendlich dichter sind, und die ganze Masse des Sphäroids als in diesem Punkte vereinigt angesehen werden kann. Wenn man dann entfernte Grade unter sich vergleicht, wie den peruanischen und französischen, so sind ihre Abweichungen unmerklich und die Elliptizität der Erde ist $^1/_{308}$. Ein noch genaueres Mittel sind die beiden Ungleichheiten des

Mondes, welche von der Abplattung der Erde herrühren, die Ungleichheiten in der Länge und in der Breite. Diese ergeben übereinstimmend $^1/_{305}$, was von dem obigen Werte nur wenig abweicht. Da die Dichte des Meeres nur $^1/_5$ der mittlern Dichte der Erde beträgt, so hat diese Flüssigkeit einen geringen Einfluss auf diese Veränderungen, besonders mit Berücksichtigung ihrer geringen mittlern Tiefe. Dadurch findet man $^1/_{304,8}$. Der geringe Unterschied dieser Abplattung von denjenigen, welche die Gradmessungen und die Ungleichheiten des Mondes ergeben, beweist, dass die Oberfläche des Erdsphäroids beinahe im Gleichgewicht wäre, wenn sie flüssig würde. Daraus schliesst man, dass die mittlere Tiefe des Meeres derselben Ordnung angehöre wie die mittlere Höhe des Festlandes, welche nicht 1000 m übersteigt. Diese Tiefe ist ein kleiner Bruchteil von dem Ueberschuss des äquatorialen Halbmessers über den polaren, welcher Ueberschuss 20000 m beträgt. Aber so wie hohe Berge das Festland decken, können auch grosse Höhlungen im Meeresbecken vorkommen. Dieses Ergebnis ist wichtig für die Naturgeschichte und die Geologie. Sicher hat das Meer einen grossen Teil unsers Festlandes schon bedeckt, auf welchem es unbestreitbare Spuren seines Aufenthaltes zurückgelassen hat. Die auf einander folgenden Einstürze früherer Inseln und Festländer, das Zurücktreten ausgedehnter Meere zeigen sich klar an den verschiedenen Erscheinungen der Oberfläche und der Schichten der Erde. Dagegen muss jede Hypothese, welche auf einer beträchtlichen Ortsveränderung der Pole beruht, verworfen werden. Und wirklich bestätigt ein im sibirischen Eise mit Haut und Haar aufgefundener Elephant, was die mathematische Theorie der Erde uns lehrt, dass nämlich in den Erdumwälzungen, welche die Oberfläche der Erde verändert und mehrere Arten Tiere und Pflanzen zerstört haben, die Gestalt des Erdsphäroids und die Lage seiner Drehachse nur leichte Veränderungen erlitten haben.

199. Dasselbe (ursprünglich flüssiger Zustand, Unveränderlichkeit der Drehachse). Welches ist nun die Ursache, die den Schichten des Erdsphäroids nahezu elliptische Gestalt und gegen den Mittelpunkt zunehmende Dichte gegeben hat? — Wenn die verschiedenen Stoffe der Erde bei grosser Hitze ursprünglich flüssig waren, so mussten sich die dichtesten dem Mittelpunkte zuwenden und sämtliche elliptische Gestalt annehmen. Bei der

Verdichtung haben diese Schichten ihre Gestalt nur sehr wenig geändert. Weiter kann das ungeheure Gewicht der obern Schichten die Dichtigkeit der untern Schichten beträchtlich vermehren. Darauf hat Daniel Bernouilli hingewiesen in seiner Abhandlung über die Gezeiten. Man weiss, dass die Dichtigkeit der Gase bei unveränderter Temperatur mit dem Drucke zunimmt. Aber dieses Gesetz scheint sich nicht auf die flüssigen und festen Körper zu erstrecken. Natürlich erscheint uns die Annahme, dass diese Körper dem Druck um so eher widerstehen, je mehr sie selbst zusammengedrückt werden. Das bestätigen auch die Versuche, so dass das Verhältnis des Differentials des Druckes zum Differential der Dichtigkeit mit der Dichtigkeit zunimmt, anstatt wie bei den Gasen konstant zu verbleiben. Der einfachste Ausdruck dieses als veränderlich angenommenen Verhältnisses ist das Produkt der Dichtigkeit mit einer Konstanten. Dieses Gesetz habe ich (Laplace) angewendet, weil es mit dem Vorteil, auf die einfachste Art darzustellen, was wir über den Druck der Körper wissen, denjenigen verbindet, leicht zur Rechnung verwendet zu werden bei der Aufsuchung der Gestalt unserer Erde.

Die ganze Astronomie beruht auf der Unveränderlichkeit der Drehachse an der Oberfläche des Erdsphäroids und auf der Taktfestigkeit dieser Drehung. Die Dauer der Achsendrehung der Erde ist das Grundmass der Zeit. So lange das Teleskop gebraucht wird, scheint diese Achse unveränderlich zu sein. Und gerade das Meer ermöglicht eine Hauptdrehachse und würde durch seine Beweglichkeit und durch den Widerstand, den seine Schwankungen erleiden, der Erde einen bleibenden Zustand des Gleichgewichtes verschaffen, wenn er von beliebigen Ursachen gestört werden sollte.

Freilich hat ein Rotationssphäroid 3 zu einander senkrecht stehende Hauptachsen, um welche es sich der Reihe nach drehen könnte. Aber die Unveränderlichkeit der Drehachse kann nur bei einem festen Körper zutreffen. Indessen besteht zwischen einem festen Körper und der Erde dieser Unterschied, dass bei der Aenderung der Drehachse ein fester Körper seine Gestalt nicht ändert, während die Oberfläche des Meeres eine andere Gestalt annimmt. Die 3 Gestalten, welche diese Oberfläche annimmt, wenn das Erdsphäroid der Reihe nach mit der gleichen Winkelgeschwindigkeit um jede der 3 Hauptachsen rotirt, haben sehr einfache Beziehungen, die ich näher bestimme; und es ergibt sich aus meiner Rech-

nung, dass der mittlere der Halbmesser dieser 3 Meeresoberflächen, wenn jene Halbmesser demselben Punkte auf der Oberfläche des Erdsphäroids entsprechen, gleich ist dem Halbmesser der im Gleichgewicht sich befindlichen Meeresoberfläche, wenn keinerlei Drehung auf diesem Sphäroide stattfindet.

200. Dasselbe (Veränderlichkeit der Temperatur und Drehungsdauer). Ich habe im fünften Buche meiner Mechanik des Himmels den Einfluss auf die Drehungszeit, herrührend von innern Ursachen, wie Vulkanen, Erdbeben, Winden, Meeresströmungen u.s.w. besprochen und mit dem Grundsatz der gleichen Flächen gezeigt, dass dieser Einfluss unmerklich ist und nur bemerkbar werden könnte, wenn bedeutende Massen auf grosse Entfernungen gebracht würden, was in historischer Zeit nicht stattgefunden hat.

Aber es gibt eine innere Ursache für die Veränderlichkeit der Tagesdauer: Die Wärme des Erdsphäroids. Die Grösse der Erde hat mit ihrer Temperatur allmälig abgenommen, ihre Winkelgeschwindigkeit hat dagegen zugenommen und wird noch zunehmen, bis die Erde in einen bleibenden Zustand mittlerer Temperatur des Raumes gelangt, in welchem sie sich bewegt. Bringen wir diese Kugel in einen Raum, der um 1 ° C. weniger warm ist, so vermindert sich mit der Länge der Zeit ihr Halbmesser etwa um $\frac{1}{100000}$, welcher Wert sich für das Glas ergäbe und somit für die Erde angenommen werden kann.

Das Gewicht der Wärme kann durch die Versuche nicht ermittelt werden, sowenig wie dasjenige des Lichtes. Also bleiben sich 2 Dinge gleich: Die Massen und die in einer gegebenen Zeit beschriebenen Flächen. Da diese Fläche, welche die Moleküle auf der Ebene des Aequators beschreiben, dem Quadrat dieser Entfernung proportional ist, so würde sie beinahe $^1/_{50000}$ abnehmen, wenn die Winkelgeschwindigkeit der Drehung nicht vermehrt würde; woraus für die Gleichheit der Flächen in gegebener Zeit folgt, dass die vermehrte Geschwindigkeit und somit die verminderte Rotationszeit $^1/_{50000}$ betragen müssen. Um so viel würde also schliesslich der Tag abnehmen. Aber bis dahin müsste die Temperatur der Erde unaufhörlich abnehmen und zwar am Mittelpunkt langsamer als an der Oberfläche, so dass aus den Beobachtungen über diese Abnahme, verglichen mit der Wärmetheorie, die Zeit

ermittelt werden könnte, wo die Erde in den neuen Raum versetzt worden ist. Das ergibt sich aus den Thermometerbeobachtungen, welche in tiefen Gruben gemacht werden. Die Wärme erleidet eine sehr merkliche Zunahme, so wie man tiefer ins Innere der Erde vordringt. Das Mittel der beobachteten Zunahmen scheint für eine Tiefe von 32 m einen Grad C. zu betragen; aber eine grosse Zahl Beobachtungen wird ihren Wert genau bestimmen, welcher nicht in allen Klimaten derselbe sein kann. Es war nötig, um die Drehungszunahme der Erde zu erhalten, das Gesetz über die Abnahme der Wärme vom Mittelpunkt zur Oberfläche zu kennen. Das habe ich ermittelt im elften Buch der Mechanik des Himmels für eine ursprüngliche Kugel, die auf irgend eine Art erwärmt und überdies einer aüssern Wärmewirkung unterworfen ist. Ich habe das fragliche Gesetz 1819 veröffentlicht und Poisson hat es bestätigt.

201. Dasselbe (Wärmeleitung, Temperatur des kosmischen Raumes). Um diese Zunahme in Zahlen zu verwandeln, mussten 2 beliebige, abhängige Konstanten bestimmt werden, eine über die Wärmeleitung der Erde und eine zweite über die Erhöhung der Temperatur der oberflächlichen Schicht über die Temperatur des umliegenden Raumes. Die erste Konstante bestimmte ich aus den Aenderungen der Jahreswärme in verschiedenen Tiefen, und benutzte die Versuche von Saussure, die er in seiner Alpenreise niedergelegt hat. Bei diesen Versuchen wurde die jährliche Aenderung der Wärme auf der Oberfläche um $^1/_{12}$ heruntergesetzt in der Tiefe von 9,6 m. Ich habe dann angenommen, dass in unsern Gruben die Wärmezunahme 1 ° C. auf 32 m, und die lineare Ausdehnung der Erdschichten für jeden Wärmegrad auf $^1/_{100000}$ ansteigt. Vermittelst dieser gegebenen Werte finde ich, dass der Tag seit 2000 Jahren nicht um einen halben Hundertstel einer Sekunde abgenommen hat, was hauptsächlich der Grösse des Erdradius zuzuschreiben ist.

Ich habe die Erde für gleichartig angenommen, und es ist unbestreitbar, dass die Dichtigkeit ihrer Schichten von der Oberfläche bis zum Mittelpunkt zunimmt. Indessen wäre die Menge und die Fortpflanzung der Wärme dieselbe in einem ungleichartigen Stoffe, wenn in den entsprechenden Teilen dieser beiden Körper Wärme und Leitungsvermögen dieselben wären. In Be-

ziehung auf die Wärme können Stoffe von verschiedener Dichte gleich gute Träger sein, während das nicht der Fall ist mit den dynamischen Eigenschaften, welche von der Masse der Moleküle abhangen. Somit können wir die gefundenen Werte auch auf die ungleichartige Erde anwenden. So findet man, dass die Zunahme in der Dichtigkeit der Erdschichten die Wirkung der Wärme auf die Dauer des Tages vermindert, welche Wirkung seit Hipparch diese Dauer nicht um $^1/_{300}$ vermehrt hat.

Der Ausdruck, von welchem die Zunahme der innern Erdwärme abhängt, vermehrt jetzt die mittlere Temperatur an der Oberfläche nicht um $^1/_5$ °. Und wenn er nach einer sehr langen Reihe von Jahrhunderten allmälig wegfällt, so wird dadurch keine einzige Art organischer, jetzt lebender Wesen zerstört werden, insofern die Wärme der Sonne und ihr Abstand von der Erde nicht eine merkliche Veränderung erleiden.

Uebrigens bin ich (Laplace) von der Annahme weit entfernt, dass die so eben erwähnten Vermutungen in der Natur eintreffen, und die beobachteten Werte beider Konstanten, von denen ich geredet habe, hangen von der Natur des Bodens ab, welcher in verschiedenen Gegenden nicht die gleichen, auf die Wärme bezüglichen Eigenschaften hat. Aber die vorliegende Uebersicht zeigt genugsam, dass die an der Erdwärme beobachteten Erscheinungen mit dem Ergebnis übereinstimmen, welches ich aus der Theorie über die sekulären Ungleichheiten des Mondes und den Beobachtungen der alten Finsternisse abgeleitet habe, dass nämlich seit Hipparch's Zeiten die Dauer des Tages nicht um $^1/_{100}$ Sekunde verändert wurde.

Man fand im Weitern (siehe Nr. 182 und 193), dass die mittlere Dichtigkeit der Erde sich zu derjenigen des Wassers verhält = 11 : 2.

202. Dasselbe (Meeresspiegel, Jupiter). Ich will hier noch einige Betrachtungen über den Meeresspiegel vorbringen. Denken wir uns um die Erde herum ein feines Fluidum, das aber überall von derselben Dichtigkeit und sehr wenig hoch ist, das immerhin die höchsten Berge einhüllt. So wäre etwa unsere Atmosphäre bei mitlerer Dichtigkeit. Die Analysis zeigt, dass die entsprechenden Punkte der beiden Oberflächen, am Meer und auf diesem Fluidum, durch denselben Abstand von einander ge-

trennt sind. Verlängern wir in Gedanken die Meeresoberfläche unter dem Festland und dem Fluidum hindurch, so dass die beiden Oberflächen immer durch diesen Abstand getrennt bleiben, so ergibt sich der Meeresspiegel; die Gradmessungen bestimmen die Elliptizität dieser beider Oberflächen; und die Abweichung der Schwere an der Oberfläche des angenommenen Fluidums gibt, zur Eliptizität dieser Oberfläche gezählt, eine konstante Summe, gleich $^5/_2$ des Verhältnisses der Fliehkraft zur Schwere am Aequator. Auf diese Oberfläche muss man also die Grad- und Pendelmessungen des Festlandes beziehen. Nun beweist man leicht, dass die Schwere nur merklich abweicht vom Punkte des Festlandes bis zum entsprechenden Punkte an der Oberfläche des angenommenen Fluidums nach Massgabe der Fntfernung dieser beiden Punkte, wenn der Abstand zum Meer unbeträchtlich ist. Man muss also bei der Umwandlung der Pendellänge auf den Meeresspiegel nur auf die Höhe über diesem Spiegel Rücksicht nehmen, wie wir es bestimmt haben. Um das durch Rechnungen klar zu machen in einem Falle, den ich im 11. Buche der Mechanik des Himmels behandelt habe, wollen wir annehmen, die Erde sei ein Drehellipsoid, das teilweise vom Meer bedeckt werde, dessen Dichtigkeit zur mittlern Dichtigkeit der Erde sehr klein sei. Wenn die Elliptizität des Erdsphäroids kleiner ist als diejenige, welche dem Gleichgewicht der Oberfläche des Fluidums entspricht, so wird das Meer den Erdäquator bis in eine gewisse Breite wieder bedecken. Die auf dem Festland gemessenen, und im Verhältnis ihrer Entfernung von der Oberfläche des angenommenen Fluidums vergrösserten Grade (der Erdradius als Einheit gesetzt) würde man also auf jener Oberfläche messen.

Die Länge des Sekundenpendels, um das Doppelte dieses Verhältnisses vermindert, würde man auf derselben Oberfläche beobachten; und die Elliptizität, welche durch die Gradmessungen bestimmt, ist dieselbe, die man erhielte, wenn man um $^5/_2$ des Verhältnisses der Fliehkraft zur Schwere am Aequator, den Ueberschuss der Polschwere über die Aequatorschwere (welche als Schwereeinheit angenommen wird) vermindert.

Wir wollen nun die vorhergehende Theorie auf Jupiter anwenden. Die Fliehkraft der Drehbewegung ist beinahe $^1/_{12}$ der Schwere an seinem Aequator, wenn man nämlich die Entfernung des 4. Satelliten zu seinem Mittelpunkt annimmt, wie sie im

2. Buche angegeben ist. Wenn Jupiter gleichartig wäre, so bekäme man den Durchmesser am Aequator, wenn man zu seiner als Einheit angenommenen Achse $^5/_4$ des vorhergehenden Bruches hinzuzählt. Diese beiden Achsen wären also im Verhältnis = 10 : 9,06. Nach den Beobachtungen ist ihr Verhältnis = 10 : 9,43. Also ist Jupiter nicht gleichartig. Wenn man annimmt, seine Schichten nehmen vom Mittelpunkt zur Oberfläche an Dichtigkeit ab, so muss seine Elliptizität zwischen $^1/_{24}$ und $^5/_{48}$ liegen. Da die beobachtete Elliptizität innert diese Grenze fällt, so beweist sie uns die Ungleichartigkeit seiner Schichten und in Uebereinstimmung diejenige der Erdschichten, welche durch die Pendelmessungen schon erkannt und durch die Ungleichheiten des Mondes bestätigt wurde, soweit letztere von der Abplattung der Erde abhangen.

203. Einreden über die Kugelgestalt der Weltkörper, Allgemeines. Ich finde es für zweckmässig, mehrere Punkte der vorhergehenden Nummern im Lichte der neuen Lehre zu betrachten, damit man sich allmälig in die neue Anschauungsweise hineinfindet.

Die Schwere der Weltkörper besteht nicht in der Anziehung ihrer Moleküle, sondern richtet sich nach ihrer individuellen Abkühlung oder Verdichtung. Die dichten (flüssigen und festen) Stoffe werden von der aüssern Kälte des Weltenraumes ihrer allseitigen Bewegung beraubt und zeigen nur eine einseitige Bewegung oder einen einseitigen Druck auf ihre Unterlage.

Ohne die Achsendrehung wäre ihre Gestalt und diejenige ihrer Schichten kaum sphärisch, was uns die Kometen genugsam zeigen; die Ausbildung zur Kugelgestalt geschieht durch die Achsendrehung.

Die Schwere richtet sich nicht absolut nach dem körperlichen Mittelpunkt, sondern nach den Wärmeverhältnissen. Die grösste wirkende Kälte ist im nächsten Punkte des aüssern Weltenraumes und die grösste wirkende Wärme meistens nur an der Oberfläche des Kerns. Schroffe Uebergänge aus Niederungen in mannigfaltige Gebirgslandschaften und ausnahmsweise Nähe des unterirdischen Feuers an der Oberfläche müssen die Schwererichtung beeinflussen, erstere abwechselnd mit den klimatischen Erscheinungen, letztere abwechselnd mit den unterirdischen Vorgängen.

Ein Körper in einer Schicht des Weltkörpers verharrt relativ in Ruhe, wenn seine Temperatur und diejenige seiner Umgebung sich gleich bleibt oder sehr allmälig verändert. Wird er aber durch irgend einen Zufall, z. B. durch einen Gang von anderweitiger Temperatur beeinflusst, so kommt er aus dem Gleichgewicht. Bei tieferer Temperatur zieht er sich zusammen und kann einen kleinern oder grössern Einsturz einleiten; bei höherer Temperatur wächst er und kann eine Hebung bewirken.

Die Gleichartigkeit der Schichten der Weltkörper hat für die neue Lehre insoweit eine Bedeutung, wenn sie sich auf die gleiche Wärme, Erwärmungsfähigkeit, Verdichtungsstufe bezieht. Im Allgemeinen nimmt die Hitze der Weltkörper von innen nach aussen ab, im Besondern können Gänge durch ganze Schichten gehen und besonders an den beiden kalorischen Extremen das Gleichgewicht stören.

204. Einreden, Beschaffenheit des Wassers und der Luft. Laplace findet, es sei für den Bestand der Meere notwendig, dass deren Dichtigkeit geringer sei als die mittlere Dichtigkeit der Erde. Sonst würden viel Ueberschwemmungen vorkommen. Ich schicke voraus, dass mir die Dichtigkeit des Erde unbekannt und gleichgültig ist. Aber ich will den Fall zuerst nach newtonischen Grundsätzen betrachten. Dann scheint es mir, die grössere oder kleinere Dichtigkeit des Wassers hat an und für sich und nicht in Beziehung auf das Erdinnere einen grossen Einfluss und der grösste Einfluss kommt der Dichtigkeit der Luft zu. Wenn z. B. bei übrigens gleichen Voraussetzungen das Wasser ein spezifisches Gewicht von $^1/_4$ hätte, so würde es von der Luft mehr beeinflusst, der Fall in der Luft wäre langsamer, die Bäche würden langsamer fliessen, der Waldstrom weniger über seine Ufer treten, die Niederung eher versumpfen; die Gezeiten wären ausgedehnter, ebenso die Strandzone. Ist das Wasser so dicht wie das Quecksilber, so fällt es schneller in der Luft, der Waldbach tritt schneller über seine Ufer, die Niederung entleert sich schneller, die Gezeiten dehnen sich weniger aus, die Strandlinie ebenfalls, die Wellenhöhe vermindert sich. Denkt man sich eine viel dünnere Luft, so wird zwar der Fall des Wassers beschleunigt; doch die Wut der Stürme gebändigt. Bei einer viel dichtern Luft wird das Wasser langsamer fallen in der Luft und auf dem Festland, aber sich höher

auftürmen bei bewegter See. — Wenn ich aber den Bestand der Meere nach der neuen Theorie ins Auge fasse, dann kommen vor allem aus der Gefrier- und Siedepunkt, die spezifische Wärme des Wassers u. dgl. in Betracht; daneben nicht minder die Dichtigkeit, Mächtigheit, Erwärmungsfähigkeit der Atmosphäre.

Das Gewicht der Wärme kann also durch Versuche nicht ermittelt werden. Der horror vacui hatte doch seine Grenzen. Ist es hier nicht ähnlich?

Die Beobachtungen und Rechnungen über die Wärme der Weltkörper sind lehrreich und wichtig. Hier liegt der Grund zu der beschränkten Stabilität des Weltsystems und gerade die Kugelgestalt schützt die Weltkörper vor schnellem Verbrauch ihrer Wärme und verlängert ihre Wirksamkeit.

Was Laplace über die Grad- und Pendelmessungen sagt, macht uns klar, dass die fiktive Erde mit dem Meeresspiegel grössere Anomalien zeigen muss, als die wirkliche; mit andern Worten, dass durch die Rechnungen, Korrektionen und Verwandlungen die Fehler, welche der ursprünglichen Messung allfällig ankleben können, noch vermehrt worden sind. Die Messung, hauptsächlich die Ermittlung des Lotes, hängt mit dem Wärmezustand der Luft zusammen. Aehnlich wie beim Barometer kommt beim Lot eine Schwankung vor. Ein beliebiger Punkt an der Oberfläche eines Berges hat andere Wärmeverhältnisse, als ein entsprechend gleich hoher Punkt der freien Atmosphäre, ja sogar als ein anderer Punkt, welcher auf der entgegengesetzten Seite desselben Berges liegt. Welchen Einfluss übt ferner ein einzelner Gebirgsstock oder ein Hochland auf einen entsprechenden Punkt! Einen ähnlichen Einfluss können unterirdische Verhältnisse haben. Diese Einflüsse müssen korrigirt werden. Was muss aber herauskommen, wenn man mit absolut falschen Mitteln, mit der Erddichte u. dgl. hantirt?

205. Einreden, Ursache der Achsendrehung. In Beziehung auf die Achsendrehung der Weltkörper haben es die Newtonianer noch nicht weit gebracht. Sie lehren, dass die Weltkörper von der Gottheit einen ersten Stoss erhalten und dass diese deswegen bis an das Ende aller Zeiten sich entsprechend drehen.

Ich will mich an Newton's zweiter Regel zum Philosophiren halten. Wenn das Spulrad getrieben, der Schleifstein getreten,

das Butterfass gedreht wird, wenn der künstliche Spinnstuhl die verschiedensten Bewegungen ausführt, so zeigen diese Vorgänge:

1) Ohne natürliche Kraft keine Drehung. Im ersten Falle wird diese Kraft von der Hand, vom Fuss, vom Oberkörper geleistet, im zweiten Falle von der Dampfmaschine, dem Wasserrad und der Turbine.
2) Bei vermehrter Kraft wird auch die Drehung schneller.
3) Wenn die Kraft zu wirken aufhört, so nimmt auch die Drehung ab.

Diese einfachen Grundsätze sind die Angelpunkte des neuen Lehrsystems für das Weltengetriebe. Ich verlange z. B. für die Achsendrehung der Erde eine natürliche Kraft, die täglich sich entwickelnde Wärme der Atmosphäre. Würde diese Wärme zu- oder abnehmen, so änderte sich auch entsprechend die Drehung. Hört die Wärmentwicklung auf, so geht die Drehung gelegentlich zu Ende.

Wenn die Sonnenwärme täglich etwa 7 Billionen Pferdekräfte auf der Erde erzeugt, so wird man billig nach einer natürlichen Verwendnng fragen. Denn in der Natur gibt es keine Unverwendbarkeit und keine Verschwendung. Würde die Atmosphäre der Erde um das Zehnfache verdünnt, und dadurch die Erwärmungsfähigkeit vermindert, so hätten wir einen viel längern Tag; würde aber die Atmosphäre um das Zehnfache verdichtet, so würden Sonne, Mond und Sterne scheinbar schneller an uns vorüberziehen.

Die Wärme ist auch in irdischen Dingen ein Motor, sie treibt den Dunst in die Höhe, bewegt den Dampfkolben. Was kann man mit der newtonischen Dichtigkeit anfangen? Also ein gleichdichter Weltkörper wie die Erde kann sich nicht schneller drehen als in 2½ Stunden; deswegen musste die Gottheit den ersten Anstoss weislich abzirkeln. Kennt man auf Erden auch eine solche Beschränkung, weder in Europa noch in Amerika? oder müssen sich die Meteore auch darnach richten? Ich sah deren zu Hunderten, die eine Drehung in wenigen Sekunden oder Sekundenteilchen ausführten.

Gerland, Licht und Wärme, S. 301, sagt: Würde die Erde plötzlich in ihrer Bahn stille gehalten, so würde dadurch ebenso viel Wärme entstehen, als 14 Erden aus reiner Kohle durch ihre Verbrennung erzeugen könnten. Sie selbst würde, wenn sie aus Wasser bestünde, also die möglichst grosse Wärmemenge zur Er-

wärmung einer Kubikeinheit bedürfte, doch um 112000 ° erwärmt werden, also in Dampf aufgehen. Eine plötzliche vollständige Hemmung der Bewegung der Sonne um ihre Achse, die in 25 Tagen einmal erfolgt, würde den Wärmeverbrauch derselben, wenn dieser ungeändert bliebe, auf 116 Jahre decken. Fiele dagegen der Planet Merkur in die Sonne, so würde durch die dadurch bewirkte Erhitzung derselben ihr Wärmeverbrauch auf $6\frac{7}{12}$ Jahre bestritten; träfe die Erde das gleiche Geschick, so würde die Ausstrahlung der Sonne für $94\frac{5}{6}$ Jahre eine der jetzigen gleiche sein können, und ereignete sich ein Zusammenstoss der Sonne mit Jupiter, so würde dies für die Dauer von 32240 Jahren der Fall sein. —

Die Zürcher. Freitagszeitung enthielt folgende Angaben: Die Kraft der Sonne ist ihre strahlende Energie, die leicht erkennbaren Licht- und Wärmestrahlen und die schwerer erkennbaren chemischen Strahlen. Von all der von der Sonne ausgehenden Energie trifft aber auf den kleinen Erdball nur etwa 2 Billionstel. Französische Physiker (Pouillet, Crova u. s. w.) haben mit Hülfe aüsserst sorgfältig gearbeiteter Apparate festgestellt, dass unsere Erde in jeder Minute 2247 Billionen Einheiten an Hitze von der Sonne erhält, eine Menge Wärme, welche im Stand sein würde, 2247 Billionen mal 774 Pfund um einen Fuss hoch zu heben. Um noch fasslicher zu sein, betrachte man nur jenen Teil der Sonnenhitze, welcher auf den Meeresspiegel fällt und zwar wieder nur den Bruchteil, welcher zur Verdunstung dient. Die Sonne hebt durchschnittlich in jeder Minute nicht weniger als 2000 Millionen Tonnen Wasser zu einer Höhe von $3\frac{1}{2}$ Meilen, der mittlern Entfernung der Wolken von der Erde. Um dieses ungeheure Gewicht an Wasser fortwährend zu einer Höhe von $3\frac{1}{2}$ Meilen in der Zeit einer Minute zu heben, würde eine unausgesetzte Tätigkeit von 2757 Milliarden Pferdekräften notwendig sein. —

Jene Speisung der Sonne durch Planeten, um die Hitzkraft des Hauptkörpers zu erhalten, erinnert noch an die kartesianischen und newtonischen Speisungen durch Kometen. Heute sollte man um einen Schritt weiter sein. Im Uebrigen wiederhole ich, die sogenannte unverwendete Sonnenhitze, welche die Erde oder irgend ein Planet erhält, wird nach Massgabe der Empfänglichkeit der Atmosphäre vermehrt und bewirkt den Abstand des Planeten von der Sonne und seine Achsendrehung.

206. Einreden, Veränderlichkeit der Achsendrehung. Die Unveränderlichkeit der Drehachse ist gesichert, besser als bei einer irdischen Einrichtung. Ich brauche mich nicht zu fürchten, dass die horizontale Achse des Wasserrades oder des Schwungrades auf einmal in der Horizontebene zu rotiren beginne; ebenso wenig kann die Erde auf den von der Sonnenwärme vernachlässigten Polen auf einmal eine entgegengesetzte Rotation einleiten. Die Aequatorialgegend liefert am meisten Wärme oder Kraft, und treibt auch am meisten.

Die Dauer unsers Tages ist freilich das Grund- oder Aichmass der Zeit. Aber für die einzelnen Jahrmillionen ist sie verschieden. Früher war der Tag kürzer; er wird mit der Zeit länger, bis einst bei absoluter Kälte vollständige Ruhe eintritt. Bei der bedeutenden Grösse und bei der Kugelgestalt der Erde kann in einigen Jahrtausenden nur ein minimer Teil der Gesamtwärme abgegeben werden; somit kann auch der Tag nur um eine Kleinigkeit zunehmen. Die innern Ursachen fallen in gewisser Beziehung mit den aüssern zusammen. Dagegen muss ich gegen den Grundsatz der gleichen Flächen, wie ihn die Newtonianer nennen, protestiren; er ist grundfalsch. Sonst müssten der Mond und Jupiter ihre Rollen bei der Achsendrehung tauschen.

Laplace sagt richtig, es gibt eine innere Ursache für die Veränderlichkeit des Tages: Die Wärme des Erdsphäroids. Aber ich kann erst später Ausführlicheres darüber melden, wenn über die Dauer der Sonnenwärme, Abnahme des Erdvolumens, über den kleinern Sonnenabstand u. s. w. das Nötige vorausgeschickt ist.

Das Gesetz über die Abnahme der Wärme vom Mittelpunkt der Erde bis zur Oberfläche behält seinen Wert auch für die neue Lehre.

Zum Schlusse hebe ich nur noch die Tatsache hervor, dass Laplace von einer künftigen Zunahme der Winkelgeschwindigkeit der Erde redet, während die Beobachtung bestätigt, dass seit 2000 Jahren eine kleine Verlangsamung stattgefunden hat.

Die Achsendrehung der Weltkörper tritt ein, so wie sie sich einigermassen verdichtet haben und von einer einseitigen Wärmewirkung beeinflusst werden. Löscht das Sonnenlicht aus, und die Drehung der Planeten um ihre Achse gehört der Vergangenheit an. Denken wir uns aber die Sonne und Planeten eine Zeit lang in ihrem Wärmeeinfluss verharren, ohne irgend welche Bewegung. Wird nicht

die von der Sonne beschienene Seite warm und immer wärmer, und die nicht beschienene Seite kalt und immer kälter und müssen sich endlich nicht die Planeten in ihrem gestörten Gleichgewicht von selbst um eine Achse drehen, ohne dass sie einen „Deus ex machina" brauchen? Wie einfach! —

207. Einreden, die Abplattung. Der einseitige Wärmeeinfluss der Sonne bewirkt die Achsendrehung der Erde und der Planeten. Die Bewegung erreicht ihr Maximum am Aequator und nimmt mit der wachsenden Breite, nach dem Verhältnis cos b, ab. Die Schwere, der einseitige Druck und die einseitige Bewegung der verdichteten Stoffe gegen den Sitz der Wärme wird im gleichen Verhältnis von der Fliehkraft vermindert, welche für den Aequator etwa 3 cm beträgt. Da aber mit der zunehmenden Breite die Richtung der Schwere und der Fliehkraft wieder im Verhältnis cos b von einander abweichen, so beträgt der Einfluss der Fliehkraft $\cos^2$ b 3 cm. Daraus ergäbe sich notwendig eine Abplattung der Erde von $^1/_{578}$. Es kommen aber noch andere Faktoren dazu. Die Gleichartigkeit übergehe ich; setze aber die Gleichwärmigkeit in ihr Recht. Das obige Verhältnis hätte seine Richtigkeit, wenn nicht durch den Temperaturunterschied des Aequators und der Pole, durch Tages- und Jahreszeiten, durch Meeresströmungen, Hochgebirge u. dgl. neue Einflüsse entstünden, die ebenfalls berücksichtigt werden müssen.

Die Rotationsdauer eines Weltkörpers ändert mit der Zeit. Die innersten Schichten wurden gebildet bei sehr schneller Achsendrehung, sie haben also die grösste Abplattung; in ferner Zukunft wird der Tag länger sein, die beweglichen Stoffe werden sich allmälig an den Polen absetzen und die Kugelgestalt ausgleichen (Mond). Man wird unterdessen die alten Märchen von der durch alle Aeonen sich gleichbleibenden Erde fallen lassen. Als das Urgebirge seine Kruste absetzte, hatte die Erde eine noch viel grössere Abplattung. Die meisten Teile jener Kruste sind eingestürzt und bilden stellenweise den Meeresboden, stellenweise sind sie von spätern Formationen bedeckt; die wenigen Ueberreste ihres frühern Gerüstes stehen in den Tropen noch beinahe 10 km hoch, in mittlerer Breite gegen 5 km, gegen die Pole immer niederer. Während jetzt nach Bessel die grosse Halbachse sich zur kleinen verhält = 6380 : 6360; so war das entsprechende Verhältnis zur Zeit

der Formation des Urgebirges annähernd = 6390 : 6360, welche Zahlen zugleich in km den absoluten Wert bezeichnen.

Die Rolle des jetzigen Meeres wird von den Newtonianern in Beziehung auf die Abplattung unterschätzt. Könnte man momentan die Erde mit einem Dunstkreis ausstatten, welcher die gleiche Erwärmungsfähigkeit besässe, wie derjenige Jupiters (wie ihn übrigens die Erde vor Jahrmillionen auch schon besass), so würde sie sich in etwa 10 Stunden um ihre Achse drehen und eine entsprechend grössere Abplattung annehmen. Das feste Gerüst der Erde bliebe vorerst unverändert stehen; aber das Meer würde sich in der heissen Zone dermassen auftürmen, dass es seine Wellen hoch über jene Berge zöge; aus den Polargegenden würde es sich teilweise zurückziehen und solche Bergkomplexe zurücklassen, gegen welche eine Alpenkette zur Hügelreihe heruntersänke. Immerhin vergesse man nicht, dass dannzumal die Wärme zwischen Aequator und Polen nicht extrem wäre, was die Abplattung bedeutend reduzirt. Das Umgekehrte fände statt bei unempfindlicher Atmosphäre, nämlich eine langsamere Achsendrehung. Sofort würde sich der Meeresspiegel verändern, die Berge am Aequator würden zu-, diejenigen gegen die Pole abnehmen. Man höre also auf, die Abplattung von jenen Erdaltern abzuleiten, wo der ganze Kern noch flüssig war.

Zum Schluss noch die Bemerkung, dass der geringe Kontrast der Temperatur zwischen den extremen Zonen die Abplattung der Erde noch vermindert, und dass die Grad- und Pendelmessungen, mit einigen Korrektionen, das jetzige Verhältnis der Abplattung von nahezu $^1/_{300}$ ergeben.

208. Einreden, über Jupiter. Ich will die neue Theorie mit einigen Worten auf Jupiter anwenden. Wahrscheinlich ist dieser Riesenplanet an seiner Oberfläche noch nicht vollständig verdichtet, wie die Erde. Ich will aber einstweilen diesen Punkt ausser Acht lassen.

Laplace findet die Fliehkraft am Aequator Jupiters beinahe $^1/_{12}$ der Schwere; ja nach den jetzt üblichen Werten betrüge sie beinahe $^1/_{10}$.

Bezeichnet Q den Druck nach aussen, P das Gewicht eines Körpers, f die Beschleunigung der Fliehkraft, g die Beschleunigung der Schwerkraft, R der Radius eines Weltkörpers, w die

Winkelgeschwindigkeit, T die Dauer einer Umdrehung, so hat man nach den bisherigen Gesetzen über die Fliehkraft am Aequator einer Weltenkugel:

$$Q = P \cdot \frac{f}{g} = P \cdot \frac{R \cdot w^2}{g} = P \cdot \frac{4 \pi^2 R}{g \cdot T^2}.$$

Setzt man den 2. und 3. Ausdruck einander gegenüber, so ergibt sich:

$$P \cdot \frac{f}{g} = P \cdot \frac{R \cdot w^2}{g}$$

$$f = R \cdot w^2.$$

Also für die Erde ($R = 1$, $w = 1$) nach Beobachtung:

$$f = 3{,}3916 \text{ cm.}$$

$$g = 980{,}6 \text{ cm.}$$

und für Jupiter ($R = 11{,}27$; $w = 2{,}4$; und $g = 980{,}6 \times 2{,}24$)

$$f = 3{,}3916 \times 11{,}27 \times 2{,}4^2 = 220 \text{ cm.}$$

$$g = 2196 \text{ cm.}$$

Würde man weiter nach der Vorschrift verfahren, so ergäbe sich das Verhältnis der Achsen 10 : 8,88, was mit dem beobachteten Verhältnis 10 : 9,43 noch weniger übereinstimmt (Nr. 202).

Wenn ich nun nach der neuen Lehre die Schwerkraft auf Jupiter gleich derjenigen auf der Erde setze, so sinkt die Fliehkraft auf beinahe $^2/_9$ der Schwere herab und man ersieht, dass man trotz mathematischer Genauigkeit mit unrichtigen Grundsätzen stecken bleiben kann. Weitere Erörterungen folgen später.

209. Die Atmosphären der Weltkörper nach Laplace (Allgemeines). Laplace sagt Exposition, IV, 10: Ein feines, durchsichtiges, zusammendrückbares und elastisches Fluidum, das einen Weltkörper umgibt, nennen wir seine Atmosphäre. Wir vermuten um jeden Weltkörper eine solche Atmosphäre, deren Dasein für alle wahrscheinlich und für Sonne und Jupiter durch die Beobachtungen erwiesen ist. So wie das atmosphärische Fluidum sich über den Weltkörper erhebt, wird es dünner in Folge seiner Tension, die es um so mehr ausdehnt, je weniger es zusammengedrückt ist. Wenn aber die Teile seiner aüssern Oberfläche elastisch wären, so würden sie sich unaufhörlich ausdehnen und im Raume verlieren. Es ist also nötig, dass die Tension des atmosphärischen Fluidums stärker abnehme als das es belastende Gewicht und ein so feiner Zustand bestehe, bei welchem dieses Fluidum keine Tension habe

In diesem Zustand muss es auf der aüssern Oberfläche der Atmosphäre vorkommen. Alle Luftschichten müssen mit der Länge der Zeit dieselbe Winkelgeschwindigkeit in der Drehung annehmen, welche dem zugehörigen Weltkörper zukommt; denn die Reibung dieser Schichten unter sich und an der Oberfläche des Weltkörpers muss die langsamsten Bewegungen beschleunigen und die schnellsten verzögern, bis unter ihnen vollständige Gleichheit entsteht. Bei diesen Aenderungen und im Allgemeinen bei allen denjenigen, welche die Atmosphäre erleidet, bleibt die Summe der Produkte der Moleküle — sowohl des Weltkörpers als seiner Atmosphäre mit den entsprechenden Flächen vermehrt, welche um den gemeinen Schwerpunkt ihre Leitstrahlen beschreiben, wenn sie auf die Ebene des Aequators bezogen werden — für eine gleiche Zeit immer dieselbe. Wenn man also annimmt, die Atmosphäre werde durch irgend eine Ursache zusammengezogen, oder ein Teil an der Oberfläche des Weltkörpers verdichtet, so wird die Drehungsgeschwindigkeit des Weltkörpers und der Atmosphäre beschleunigt; denn wenn die Lichtstrahlen der Flächen, welche von den Molekülen des ursprünglichen Dunstkreises beschrieben wurden, kleiner werden, so kann die Summe der Produkte aller Moleküle mit den entsprechenden Flächen nicht dieselbe bleiben, wenn die Drehgeschwindigkeit zunimmt.

An der aüssern Oberfläche des Dunstkreises wird das Fluidum nur von der Schwere zurückgehalten und die Gestalt dieser Oberfläche ist derart, dass die Resultirende aus der Fliehkraft und der Anziehungskraft zu ihr senkrecht steht; die Atmosphäre ist an ihren Polen abgeplattet und an ihrem Aequator aufgedunsen; aber diese Abplattung hat ihre Grenzen und wenn sie am grössten ist, so ist das Verhältnis der Polachse zur Aequatorachse = 2 : 3.

210. Dasselbe (Drehung). Die Atmosphäre kann sich am Aequator nur so weit ausdehnen, bis die Fliehkraft genau die Schwere ausgleicht; denn über diese Grenze hinaus muss das Fluidum sich verlieren und aufhören. Vom Mittelpunkt der Sonne aus ist dieser Punkt um den Abstand eines Planeten entfernt, der seinen Rundgang in derselben Zeit ausführte, in welcher die Sonne ihre Achsendrehung ausführt. Die Sonnenatmosphäre erstreckt sich also nicht bis zur Merkurbahn und somit erzeugt sie auch das Zodiakallicht keineswegs, das sich sogar über die Erdbahn hinaus zu erstrecken scheint.

Uebrigens hat diese Atmosphäre, deren Polachse mindestens $^2/_3$ der Aequatorachse ausmachen muss, bei weitem nicht jene Linsenform, welche man nach den Beobachtungen dem Zodiakallicht beilegen muss. Der Punkt, wo die Fliehkraft die Schwere aufhebt, ist um so näher am Weltkörper, je schneller die Achsendrehung ist. Wenn man annimmt, dass die Atmosphäre sich bis auf diese Grenze erstrecke, und hierauf durch Abkühlung an der Oberfläche zusammengezogen und verdichtet werde, so wird die Drehung immer schneller und die aüsserste Grenze der Atmosphäre wird immerwährend ihrem Mittelpunkte näher kommen. Die Atmosphäre wird also allmälig in ihrer Aequatorebene Zonen mit Fluiden im Stiche lassen, die zwar immerhin um den Weltkörper kreisen, da ja ihre Fliehkraft ihrer Schwere gleichkommt; aber da diese Gleichheit in Bezug auf die Moleküle der Atmosphäre nicht stattfindet, welche vom Aequator entfernt sind, so werden sie ihr gleichwohl angehören. Die Ringe Saturns sind wahrscheinlich solche Zonen, die von ihrer Atmosphäre preisgegeben worden sind.

Wenn andere Weltkörper um denjenigen kreisen, welchen wir betrachten, oder wenn er selbst um einen andern Weltkörper kreist, so ist die Grenze seiner Atmosphäre derjenige Punkt, wo seine Fliehkraft verbunden mit der Anziehung fremder Weltkörper, genau seiner Schwere gleichkommt. Ebenso ist die Grenze der Mondatmosphäre derjenige Punkt, wo die Fliehkraft seiner Achsendrehung mit der Anziehung der Erde zusammen, die Attraktion dieses Satelliten ausgleicht. Da die Masse des Mondes $^1/_{75}$ derjenigen der Erde beträgt, so steht dieser Punkt vom Mittelpunkte des Mondes ungefähr $^1/_9$ unserer Mondentfernung ab. Wenn in dieser Entfernung die ursprüngliche Mondatmosphäre nicht ihrer Tension beraubt worden ist, so hat sie sich der Erde zugewendet, welche sie dann an sich gezogen hat; deswegen vielleicht ist jene Atmosphäre so dünn.

211. Einwendungen über allgemeine und dynamische Eigenschaften der Atmosphären. Die Erdatmosphäre besteht aus 2 permanenten Gasen, Stickstoff und Sauerstoff und verschiedenen Dünsten, von denen die Wasserdünste die Hauptrolle spielen. Als die Erde und andere Planeten ihre individuelle oder selbständige Entstehung erhielten, hatten sie vermutlich nur einen Dunstkreis,

bestehend aus permanenten Gasen und einigen Dünsten. Mit der Zeit änderte sich aber das Verhältnis dieser 2 Bestandteile. Der erkältende Einfluss des Weltalls versetzte die Gase der Reihe nach in die Kategorie der Dünste, und diese hinwieder wurden allmälig bleibend verdichtet. Der Urzustand des Weltkörpers hatte ein Ende, der dichte Kern schied sich von der lockern Atmosphäre. Bei fortgesetzter Erkältung musste der Kern immer mehr wachsen, die Atmosphäre immer mehr schwinden, und der denkbare Schluss dieses Vorganges wird dann eintreten, wenn alle gasförmigen Stoffe sich auf den Kern niedergelegt und bis zur Kälte der Aetherschichten abgekühlt haben.

In einem abgeschlossenen Raum findet man gewisse Gase durchgängig gleich verteilt, andere ungleich verteilt, nach dem spezifischen Gewicht, wie z. B. Kohlensaüre. Immerhin ist es eine Tatsache der Erfahrung, dass die Luft mit der Höhe an Dichtigkeit und Druck abnimmt. Somit ist es wahrscheinlich, dass in einer grossen Höhe ihre Dichtigkeit und ihr Druck vollständig aufhören. Hier, meint also Laplace, halte die newtonische Anziehung, besonders die Anziehung der Moleküle des Kerns, die feinen Luftbestandteile noch zurück. Nach der neuen Lehre ist es aber die grosse Kälte und die Leere des übrigen Weltenraums, welche die aüssersten Teile der Luft enger an einander schliesst und den bekannten Zusammenhang veranlasst. Ich kann hier nicht auf allzugrosse Einzelnheiten eintreten; aber ich sage in Kürze, dass für mich der Aether des Weltalls eine aüsserst feine Gasform ist, die vom Licht und von der Kälte des Weltenraumes beeinflusst wird.

212. Einwendungen über die Achsendrehung und Ausdehnung der Atmosphären. Die Newtonianer gehen von der seltsamen Idee aus, in Folge des ersten Anstosses erhalte der Kern des Weltkörpers eine bestimmte Drehung und Laplace fügt bei, dass dieselbe durch Reibung allmälig auf die Atmosphäre übergehen müsse. Da bin ich anderer Ansicht. Die in der Atmosphäre entwickelte Wärme, welche auf der von der Sonne beschienenen Hälfte des Weltkörpers eine grosse Spannung, bei der Erde in wenigen Stunden Billionen Pferdekräfte, hervorbringt, dreht den im indifferenten Gleichgewichte befindlichen Weltkörper um seine Angeln. Hier in den innern Schichten des Dunstkreises

eines Planeten ist der Sitz der Bewegung, hier ist auch die schnellste Drehung, welche nach innen und aussen allmälig abnimmt und besonders nach aussen erst in der Tiefe des Weltenraumes sich verliert. Für diese Anschauung sprechen die bisher verkannten Fallversuche, welche ich nach Wolf's Geschichte der Astronomie kurz erwähne. Guglielmini erhielt 1791 in Bologna bei einer Höhe von 240 Fuss mit Bleikugeln, die er auf eine Wachstafel herabfallen liess, eine Ablenkung von 8,6 Linien nach Osten und 35,5 ° Drehung nach Süden; während nach den Berechnungen von Laplace sich bloss 5 Linien direkt nach Osten ergeben sollten. Benzenberg machte 1802 am Michaelsturm zu Hamburg in einer Höhe von 235 Fuss und 1804 in einem Kohlenschachte zu Schlebusch in einer Höhe von 262 Fuss solche Fallversuche. Ersterer zeigte eine Abweichung von 4,3 Linien nach Osten und eine Drehung nach Süden von 24,4 °; letzterer eine östliche Abweichung von 5,1 Linien und eine nördliche Drehung von 8,1 °, während Gauss durch Rechnung 4,0 und 4,6 Linien direkt nach Osten gefunden hatte. Reich fand 1831 bei einer Fallhöhe von 488 Fuss im Dreibrüderschacht bei Freiberg entsprechend der Theorie eine rein östliche Abweichung von 12,6 Linien.

Die weitere Unrichtigkeit, welche mit der newtonischen Theorie eng verbunden ist, beschlägt den Grundsatz der gleichen Drehungsflächen, der in naher Verwandtschaft zum 2. keplerschen Gesetze steht. Aber man erwäge die Umstände gut. Die Newtonianer verfügen vom ersten Anstoss her über eine absolute Kraft, die sich nach ihrer Meinung bis in alle Ewigkeit stabil erhält und die sie deswegen gehörig ausnützen wollen. Nach der neuen Lehre bringt eine Verkleinerung der Atmosphäre eine Verminderung ihrer Erwärmungsfähigkeit und notwendig eine langsamere Achsendrehung. Wer da meint, die Erde werde in Zukunft eine schnellere Rotation erhalten, der wird sich taüschen. Einst hatte auch sie eine kürzere Rotationsdauer wie jetzt Jupiter. Das könnte nur dann wiederkehren, wenn der Einfluss des Weltenraums ein erwärmender, anstatt ein erkältender würde.

Es beruht auf falscher Einsicht in die kosmischen Verhältnisse, wenn Laplace meint, die Sonnenatmosphäre reiche bis zu einem Planeten, dessen Rundgang mit ihrer Achsendrehung der Zeit nach übereinstimme. Dieser Punkt wird in Nr. 224 ausführlicher besprochen werden.

Die Newtonianer meinen endlich, die Atmosphäre der Weltkörper sei bestimmt abgegrenzt, teile genau die Achsendrehung ihres bezüglichen Kerns und habe weiter keine Folgen mehr.

Ich glaube an einen allmäligen und unmerklichen Uebergang der Atmosphären in den umliegenden Weltäther, an einen bestimmten Sitz der motorischen Kraft in gewissen Schichten, z. B. bei unserer Erde in den innern Schichten der Atmosphäre, ferner an das Maximum der Bewegung in diesen motorischen Schichten und an eine Abnahme der Bewegung gegen aussen nach Massgabe der Kohäsion der betreffenden Luftschichten und an die Fortpflanzung dieser Bewegung in das unendliche Reich des Aethers. Dabei zeigt sich für jeden Weltkörper der grosse Unterschied, dass die Bewegung von der Achsendrehung sich bei der Aequatorialzone wegen der Maximalentfaltung und grosser Uebereinstimmung bisweilen auf ungeheure Entfernungen fortpflanzt, und die Bewegung an den Polarzonen wegen Minimalentfaltung und bedeutender Verschiedenheit verhältnismässig naher Punkte unter sich dagegen bald unmerklich wird und dieses Verhältnis spielt wieder mit bei Barometerstand, Abplattung und Bewegungszonen.

213. Zusätze über Verdichtung und Gestaltung der Atmosphären. Unsere Planetenfamilie bildet einen winzigen Teil des gesamten Weltalls, soweit wir dasselbe mit bewaffnetem Auge erforschen können. Im grossen All treffen wir die mannigfaltigsten Systeme. Glühende Nebelmassen, wohl die Brutstellen künftiger Sonnen, zeigen noch keine geballten Weltenkugeln, verraten aber eine einheitliche Bewegung. Doppelsterne oder mehrfache Fixsterne bilden offenbar solche Systeme, bei welchen der Hauptkörper noch von einzelnen sonnenhaften Nebenkörpern umkreist wird. Daneben fehlt es nicht an Systemen, deren sämtliche Nebenkörper dunkler Natur sind.

Wir wollen annehmen, eine grosse und heisse Nebel- und Gasmasse löse sich von einem Weltkörper ab und fragen uns nun: Wie kommt sie zu einer bestimmten Gestalt und zu einem bestimmten Dunstkreis? Die Antwort lautet: Einzig durch den Kälteeinfluss des Aethers.

Diese Nebelmasse hat aller Vermutung nach zuerst eine ganz unregelmässige Form, mit den eigentümlichsten Zacken und Anhängseln. Wenn der umliegende Aether dieselbe Hitze hätte wie

diese Stoff- oder Nebelmasse, so würde nicht die geringste Umgestaltung oder Ausgleichung des Ganzen oder eines Teiles stattfinden. Ist aber, wie die Wirklichkeit ergibt, die Stoffmasse aüsserst heiss und das Medium aüsserst kalt, so wird sich rings an der Oberfläche der Nebel- oder Gasmasse der erkältende Einfluss geltend machen. Je mehr eine Verzackung vorsteht, desto mehr Berührungsfläche bietet sie dem kalten Medium dar, desto mehr wird sie bearbeitet, desto mehr zusammengezogen, desto schneller verändert. Es wird notwendig vorkommen, dass exponirte Nebelzungen sogar abgetrennt werden. Verdichtungen, Zusammenziehungen, Einzelnbewegungen werden die ursprünglichen Unterschiede allmälig ausgleichen. Indem offenbar jeder in das kalte Medium vorspringende Teil eine grössere Abkühlung erleidet, zu einem stärkern Rückzug gezwungen wird, muss die Gesamtmasse allmälig sämtliche Unebenheiten, Zacken u. s. w. auf ihrer Oberfläche einbüssen und zur Kugelgestalt vorschreiten. Diese Gestalt ergibt sich mit der Zeit so naturgemäss aus dem Urnebel, wie die Pyramidenform für einen einzelnstehenden, gleichartigen, von der Verwitterung bearbeiteten Berggipfel.

Ich mache besonders aufmerksam, dass solche Ablösungen, wie sie so eben besprochen wurden, sich beim Kruls'schen und andern neuern Kometen gezeigt haben. Nach der newtonischen Theorie wären sie nicht einmal gedenkbar, weil die Masse gegenüber einzelnen Partikeln zu allgewaltig wäre und dieselbe beherrschen müsste; während nach der neuen Theorie die Ablösung einzelner Teile sehr wahrscheinlich ist.

214. Zusätze über Verdichtung und Ausscheidung der Atmosphären. Die Stoffe eines solchen Urkörpers sind nach Analogie chemische Elemente. Das Konglomerat wird von aussen abgekühlt, und allmälig durchgehends verändert und ausgeglichen. Je grösser die Kälte des Mediums, desto schneller geht die Verdichtung vor sich: aber durch die Hitze und Grösse des Urkörpers wird diese Verdichtung verlangsamt. Wie werden sich gelegentlich die Stoffe der Elemente verteilen? Etwa nach der Dichtigkeit? — Weit gefehlt, einzig nach der Wärmekapazität. An der Aussenseite des Urkörpers werden nämlich die Stoffe abgekühlt, die empfindlichsten am meisten verändert, am meisten verdichtet. Die nebelförmigen oder dichten Substanzen erhalten einen einseitigen

Druck, eine einseitige Bewegung, die rings von der Oberfläche des Urkörpers nach innen gerichtet ist. Je nach der Höhe des Siedepunktes wird jeder verdichtete Stoff auf dem Wege nach dem Innern seines Weltkörpers wieder verflüchtigt, nicht nur zum Stehen gebracht, sondern wieder zur Rückkehr gezwungen. Aber daselbst ist seines Verbleibens auch nicht. Der Einfluss der aüssern Kälte verdichtet ihn neuerdings, treibt ihn dem Innern zu, bis endlich daselbst ein weiterer Stoff sich der Wärme dermassen begibt, dass er selbst verdichtet und um eine Schicht weiter vordringt. Und so geht es rings um die ganze Oberfläche des Urkörpers gegen das Innere hinein und rückt mit der Zeit in Hunderten von Abstufungen bis zum Mittelpunkt vor, bis endlich daselbst ein Stoff sich nicht mehr erwärmen und erholen kann, um die Fähigkeit zu erlangen, dem Sitz der Kälte zuzustreben, sondern am Ort der Wärme verbleibt.

Berücksichtigt man die Vorgänge des Wasserdunstes, in der Erdatmosphäre, so ergibt sich Folgendes: An der Aussenseite des Urkörpers und allfällig einzelner Schichten werden durch den Einfluss der Aetherkälte 3 verschiedene Stoffe bemerkbar sein:

1. solche, die zwar durch die Kälte kleiner werden, aber luftförmig bleiben;
2. solche, die dadurch zu Nebel- und Wolkengebilden werden;
3. solche, die mindestens die flüssige Form annehmen.

In allen diesen Fällen wird sich die positive Schwere bemerkbar machen. Die Stoffe der ersten und zweiten Gruppe werden langsam und diejenigen der dritten Gruppe schneller (als Tropfen oder Nadeln) um eine Schicht weiter einwärts geschoben. Doch wieder erwärmt, schweben sie zuerst im Gleichgewicht, bis die verdichteten wieder verflüchtigt und auswärts getrieben werden. Dann setzt eine neue Abkühlung den Kreislauf weiter fort.

Mit der Zeit werden die flüchtigen Stoffe zu aüsserst verbleiben und die dichtern einwärts getrieben. Es wird sich eine vollständige Ausscheidung ergeben, deren tätiges Agens die Wärme ist. Dieser Prozess dauert an, bis die beiden Gegensätze, Hitze und Kälte, ausgeglichen sind. Der Aether ist unendlich gross, der Urkörper neben ihm verschwindend klein. Die Kälte muss endlich die Oberhand behalten. Immerhin geht keines von ihnen unwirksam verloren. Die Gesamtwärme des Urkörpers fällt dem Aether als Erbteil zu, gleichsam ein Tropfen ins Meer.

Die einzelnen Stoffe des Urkörpers sind die Träger dieser Ausgleichung. Die aüssern Schichten teilen der Reihe nach den innern einen Teil der Aetherkälte mit, die innern erschöpfen allmälig ihre Hitze durch Hülfeleistungen. Das Wärmemagazin nimmt zusehends ab. Endlich erreicht der Stoff, welcher bei der verhältnismässig höchsten Temperatur seinen Kondensationspunkt hat, die Mitte des Urkörpers. Ihm kann keine weitere Wärme mehr geborgt werden. Er bleibt sitzen, als Sklave der positiven Schwere.

Bei diesem Abkühlungs- und Verdichtungsprozess muss noch eines Faktors erwähnt werden. Wenn nämlich ein Element sich mehr oder weniger abkühlt oder verdichtet, so kann es mit gleichartigen Elementen zusammentreffen, zu denen es eine grosse Verwandtschaft hat. Die Atome der Elemente können sich energisch zu einer chemischen Verbindung zusammentun, wodurch eine neue Wärmequelle eröffnet wird.

215. Das Leuchten eines Urkörpers. Die energische Verbindung zweier Elemente ist nicht nur mit einer plötzlichen Erwärmung, sondern meistens mit einer intensiven Lichterscheinung begleitet, und das ist der Grund für das Leuchten der heliotischen Weltkörper. Sind nun grosse Stoffmengen der Elemente vorhanden und kommen verschiedene Verbindungen zu Stande, so wird nicht nur Licht entwickelt, sondern momentan eine ungeheure Hitzemenge, welche zur Verflüchtigung und chemischen Auflösung der umliegenden Stoffe dient. Bei diesem Vorgang geben die innern Schichten eine grosse Hitze ab, die teilweise zu energischen Bewegungen der innern Schichten nach aussen und anderseits zur Lichtspendung bis in die fernen Raüme des Weltalls verwendet wird. Die aüssere Kälte wirkt diesem Prozess entgegen und veranlasst in den verschiedenen Schichten ringsum neue chemische Verbindungen unter Lichtentwicklung. So absorbiren die mittlern Schichten abwechselnd ungeheure Mengen Hitze, um die Auflösung und Verflüchtigung zu bewirken, und abwechselnd erzeugen sie neue Hitzemengen durch energische Verbindungen. Wie auf der Erde der Wasserdunst billionenmal in die Atmosphäre hinaufsteigt und als Wassertropfen oder Eisnadel wieder zur Oberfläche zurückkehrt, so müssen die Stoffe der mittlern Sonnenschichten billonenmal ihren Auf- und Abstieg wiederholen in die Nachbarschichten,

indem sie eine Lösung und eine Verbindung eingehen, welch letztere zu einer Lichtquelle wird. In beiden Fällen wird abwechselnd Wärme gebunden und befreit; aber der Vorgang auf einem Urkörper ist ungleich intensiver.

Eine solche Lichtspende ist unsere herrliche Sonne. Welch grossartige Abstufung müssen die untern Schichten ihrer Atmosphäre darbieten. Ob wir ihren Kern sehen, wie viele Astronomen meinen, ist sehr fraglich. Denn es sind zu viele einzelne Stockwerke, die im untern Teil der Atmosphäre abwechselnd ein wolkenartigss Aussehen und ein blitzähnliches Licht darbieten. Da entstehen heftige Verbindungen, gewaltige Eruptionen der Wolkenmassen. Im Lichte der neuen Lehre versteht man auch die Sonnenflecken und begreift man eine gewisse Periodizität, indem das Licht bald aus obern, bald aus untern Schichten uns zukommt. Bekanntlich ist der Sonnenradius kleiner, wenn das Sonnenfleckenmaxium eintritt.

Wie kann die newtonische Theorie derartige Gebilde, derartige Vorgänge erklären? — Gar nicht; denn die Masse bleibt sich ja gleich. Aber auf der Sonne finden sich ähnliche Vorgänge, wie sie die Erde in Verdunstung und Niederschlag zeigt. Es sind die Auf- und Abschwankungen eines Stoffes, der innerhalb einer gewissen Schicht mit einer gewissen Wärmedifferenz der negativen oder positiven Schwere verfällt. Nur ungleich grossartiger, ausgedehnter, gewaltiger; ja tausendmal potenzirt und mit energischen Verbindungen und Licht- und Wärmeerscheinungen begleitet, die den fernen Erdenkindern Tag und Sommer bringen. Welch ungeahntes, wunderbares Leben! Sogar die Sonne hat weder Rast noch Ruhe. Die wunderbare Schöpfung offenbart überall Bewegung und Leben.

Bekanntlich erstreckt sich die Atmosphäre der Sonne auf Tausende und Millionen von Meilen. Nur der innerste Teil erzeugt jetzt das rosige Licht; der mittlere und aüssere Teil werden in unschätzbar vielen Jahrmillionen an die Reihe kommen. Also keine Furcht; das uns so notwendige Licht unserer Weltlampe wird nicht so bald auslöschen.

Die Fixsterne sind Sonnen. Ihr Licht entsteht wie dasjenige der Sonne. Durch die atmosphärische Luft wird ihr schwacher Schein, der aus undenklichen Weiten bis zu unserer Netzhaut ge-

langt, in Millionen einzelner Blitze aufgelöst, wie sie das Sterngefunkel klar vorführt.

Bei der Sonne ist der Kern offenbar klein und der Dunstkreis gross. Bei den Planeten ist umgekehrt der Kern gross und der Dunstkreis klein. Immerhin enthalten mehrere Planeten, wie z. B. Jupiter, Atmosphären mit mehreren Stockwerken, in denen ebenfalls noch energische Verbindungen chemischer Stoffe stattfinden, welche unverkennbar bis zu uns hernieder ihre Blitze senden.

Auch die Erde hat ihr eigenes Licht noch nicht völlig eingebüsst, nämlich den Blitz unserer Gewitterwolken.

216. Die Atmosphäre der Kometen. Ich muss zum Schlusse noch ein Wort über die gewöhnlich als rätselhaft verschrienen Kometen beifügen. Es sind offenbar Weltkörper, die nicht so verdichtet sind wie die Planeten. Uns kommen sie nur in der Sonnennähe zu Gesichte. Derjenige Teil ihrer Oberfläche, welcher der Sonne zugewandt ist, wird unaufhörlich, also aüsserst stark erhitzt. Es entsteht daher eine aüsserst schnelle, örtliche Verdunstung. Das entwickelte Gas strebt wie bei andern Weltkörpern von innen nach aussen, also auf dem erregtesten Teile des Kometen sonnenwärts. In verhältnismässig geringer Entfernung kommt es an die Stirne des schnell gegen den Hauptkörperforteilenden Weltkörpers. Daselbst wird es durch die verstärkt wirkende Aetherkälte bald zu Nebelgebilden verdichtet. Unter normalen und ruhigen Verhältnissen würde dieser verdichtete Stoff wieder zum Kern zurückfallen, und auch seinen Anteil an der Achsendrehung seines Weltkörpers auf sich nehmen. Allein in den ausserordentlichen Verhältnissen, wo 2 so extreme Wärmestufen so nahe über einander sind, die kälteste Stelle an der Stirne des Dunstkreises und die heisseste Stelle an der Stirne des Kernes, und wo der Weltkörper in rasender Schnelligkeit davoneilt, so kehrt der zu Nebel verdichtete Stoff nicht abwärts zum Kerne, sondern muss, von diesem teilweise erwärmt, sich seitwärts wenden und den Schweif vergrössern.

Wer sich den Vorgang aus eigener Beobachtung oder nach guten Zeichnungen ins Gedächtnis zurückruft, wird sich mit diesen Andeutungen zurechtfinden.

Der Kometenschweif ist zwar keine eigentliche Atmosphäre, welche sich nach Inhalt und Wärmekapazität organisch gestaltet

und entwickelt, sondern es ist ein kunterbuntes Gemisch von aufgelösten und verdichteten Stoffen, von Gasen und Nebeln, die lose mit einander verbunden, vorwärts strömen und von der Sonne bearbeitet werden. Diesem Gemisch ist die einheitliche Entwicklung, der gewöhnliche Kreislauf der Natur, versagt. Die einzelnen Teile verdichten sich auf eigene Faust und bilden die unter dem Namen Meteore bekannten, kleinen Weltkörper.

Kapitel 5.

Die Kälteschwere und die Sonne.

217. Grundzüge der Kälteschwere. Die Alten beurteilten die Bewegungen der Weltkörper nach dem leiblichen Auge und gingen irre; Kopernikus durchschaute das Weltengetriebe mit seinem geistigen Auge und fand die Wahrheit. Newton bezeichnete als Ursache der ruhigen Schwere und der vielfachen Bewegungen der Erde die nächste, beste Sache, die Erdmasse, und dehnte dieses System auf das ganze Weltall aus. Hier wird als Ursache der Schwere die Kälte des Weltenraums und als Ursache der mannigfaltigen Bewegungen die Wärmeverhältnisse hingestellt. Die Kälte bewirkt Anziehung, die Wärme dagegen Lockerung der einzelnen Teile eines Körpers oder eines Weltkörpers. Durch den wechselnden Einfluss dieser extremen Agentien entstehen entgegengesetzte Bewegungen.

Wie die Wärme die Kohäsion, den Aggregatzustand eines irdischen Stoffes bedingt, so bedingt sie auch das Aussehen und Verhalten eines Weltkörpers oder Aggregatkomplexes und eines ganzen Sonnensystems. Die Schwere ist der Zustand, in welchem je nach der Wärme eines Weltkörpers (nach dessen Beschaffenheit, Erwärmungsfähigkeit und dem Einfluss der Umgebung) die einzelnen Stoffe unter einander, die Weltkörper als Ganze und als Glieder eines Systems sich anziehen und abstossen, sich ordnen und regeln.

Die Schwere ist die natürliche Wirkung der Kälte. Sie ist auf der Erde bedingt von der niedern Temperatur des Aethers,

welcher die Atmosphäre umschliesst, und sie wird nur modifizirt von den verschiedenen Wärmequellen, die auf Oberfläche und Dunstkreis einwirken.

Die Kälte ist die Ursache der Verdichtung und Anziehung, der Schwere und des Falles. Die Hitze ist die Ursache der Lockerung, der Abstossung, der negativen Schwere. Kälte und Hitze sind die beiden Extreme für die Aggregatänderungen, für den positiven oder negativen Druck, für die positiven oder negativen Fallbewegungen. Kurz und gut, Wärme erzeugt Bewegung.

Nicht die Erdmasse zieht die Körper auf und über der Oberfläche der Erde an sich, sondern die Kälte der begrenzenden Aetherschichten verdichtet die Stoffe und treibt sie bei einseitigem Drucke und einseitigem Falle der Oberfläche zu. Die Hitze im Innern ist gewöhnlich abgeschlossen und unwirksam. Die Wärme an der Oberfläche der Erde bewegt solche Stoffe, die sie verflüchtigen kann, nach aussen.

Im Weitern wirkt die Sonne, dieser gewaltige Feuerherd, durchaus nicht anziehend, sondern im höchsten Grad abstossend. In Folge ihres Wärmeeinflusses werden die Planeten von ihr abgestossen; und nur die abkühlende Wirkung des Weltäthers verursacht teilweise ihre Annäherung an den Hauptkörper. Diese beiden Faktoren, die Hitze der Sonne und die Kälte des Aethers, bearbeiten die Atmosphären der Planeten und regeln ihre Stellung. Dem Hauptkörper können die Nebenkörper dann näher treten, wenn sie stärker erkaltet sind und verhältnismässig kleine, für die Sonnenstrahlen wenig empfindliche Atmosphären haben.

Der Aether bewirkt mit seiner Kälte einen festen Anschluss des ganzen Sonnensystems, ferner die Kugelgestalt und die Achsendrehung des Zentralkörpers; er ballt die Planeten und Trabanten zu Kugeln und reisst sie in Bahnen mit, welche durch die Achsendrehung des Hauptkörpers veranlasst werden; er pflanzt ferner die Sonnenstrahlen nach allen Seiten fort und veranlasst dadurch auf den empfindlichen Atmosphären der Nebenkörper Achsendrehungen, deren Richtung sich auf die Nebenkörper zweiten Ranges erstreckt.

218. Die Achsendrehung eines Urkörpers. Ich habe früher die Achsendrehung der Planeten erklärt und gefunden, dass die Sonne ihren Löwenanteil daran hat. Aber woher kommt die Achsendrehung der Sonne oder irgend eines andern Urkörpers?

Ist doch wenigstens da ein erster Anstoss nötig? — Nein, es hat Motoren genug und ganz natürliche.

Die gleiche Ursache, welche dem Urkörper Licht gibt, bewirkt auch die Achsendrehung. Und die Wärme, welche zu dieser Bewegung verwendet wird, befördert zugleich die Verdichtung des Urkörpers.

Mit Hülfe der Aetherkälte werden die kosmischen Nebelgebilde zu Weltenkugeln geballt. Da schweben sie im indifferenten Gleichgewichte, während in ihren Stockwerken der Unterschied der Wärme neues Leben entfaltet. In jedem Stockwerk sind besonders zwei ausgeprägte Bewegungen, die eine nach aussen, die andere nach innen gerichtet. Erstere rührt von der Hitze des Urkörpers, letztere von der Kälte des Aethers. Diese beiden Faktoren sind nicht gleich gross; der Einfluss der Kälte überwiegt. Die aüsserste Schicht wird durch die Abkühlung dichter an die zweite angeschlossen, was von dieser als Druck empfunden und weiter geleitet wird. Da aber in der zweiten Schicht wieder entsprechende Verhältnisse obwalten, und der Einfluss der Kälte neuerdings überwiegt, so wächst der Druck, den eine Schicht auf ihre Unterlage ausübt, mit der Zahl der obern Schichten. Und je mehr Stockwerke über einander getürmt sind, desto grössern Druck werden sie in einer Atmosphäre ausüben.

In jeder Schicht ist aber auch die Reaktion tätig, welche die Wärme des Urkörpers gehörig verwertet, und den aüssern Druck einigermassen vermindert. Dieser Einfluss ist in den einzelnen Stockwerken veränderlich. Doch werden im grossen Ganzen der positive Druck und die positive Bewegung die Oberhand behalten. Und wenn erst die energischen, chemischen Verbindungen eintreten, so werden die Bewegungen der Schichten sowohl nach aussen als nach innen vervielfältigt und ihre Wirkungen verstärkt. Welches Treiben muss ein derartiger Weltkörper in seiner Gesamtheit darbieten, wenn die Stoffe, gleichsam in verschieden hohen und verschieden weiten Stockwerken, die 2 entgegengesetzten Bewegungen ausführen, welche — gleich den Kolbenstössen der Dampfmaschine — ihren Weltkörper als Schwungrad um die Achse drehen.

Kehren wir aber zu bescheideneren Verhältnissen zurück. Wenn unter vielen Bewegungen, welche rings um einen Urkörper herum stattfinden, eine sich besonders durch Energie und Umfang auszeichnet, so muss sie den Weltkörper ins Schwanken bringen.

Solche Schwankungen müssen sich wiederholen; ihre Achsen sind zuerst veränderlich. Indem einzelne Bewegungen mit der Zeit immer heftiger auftreten, werden sie immer grössere Schwankungen, sogar Drehungen veranlassen, welche mit dem Einfluss der sämtlichen Einzelnbewegungen verstärkt werden, die von innen nach aussen gerichtet sind.

Das ist z. B. der Grund der Achsendrehung der Sonne. Diese muss Wärme abtreten, um sich zu verdichten. Einen gewissen Teil der Wärme schickt sie auf den Flügeln des Lichtes in den Weltenraum hinaus, einen andern Teil braucht sie, um ihr grosses Schwungrad in Bewegung zu setzen: Wärme erzeugt Bewegung.

219. Die Sonne als Zentralkörper, Abstossung der Nebenkörper. Im Anschluss an die irdische Schwere halte ich die Sonne im höchsten Grad für abstossend. In Folge der Licht- und Wärmestrahlung der Sonne werden die Dunsthüllen der Planeten erwärmt und diese Weltkörper abgestossen. Sie können sich dem Hauptkörper erst wieder nähern, wenn der abkühlende Einfluss des Weltäthers die Wirkung der Wärme ausgeglichen hat.

Nach der newtonischen Anziehung würde z. B. die Erde schnurstracks in die Sonne stürzen, wenn die Gottheit nicht den Tangentialstoss ausgeführt hätte. Dieser schützte die beiden sich anziehenden Weltkörper vor Vernichtung und brachte Bewegung. Aber ich bezweifle mit Newton, dass ein so künstlicher Eingriff für alle Zeiten seinen ursprünglichen Zweck erreichen könnte.

Nach der neuen Lehre wird der Dunstkreis der Erde von der Sonne beschienen und erwärmt. Hatte die Erde, wie es die Analogie und ihre obersten Schichten zeigen, früher einen grössern und heissern Dunstkreis, so wurde sie von der Sonne stärker erwärmt, und in grössere Entfernung gewiesen. Wird sie in ferner Zukunft allmälig erkalten und einen kleinen Dunstkreis bekommen, so kann sie sich entsprechend dem Zentralfeuer mehr nähern.

Diese Lehre erfordert also keinen speziellen, dynamischen Eingriff der Gottheit, um einen Weltkörper seinem Zwecke zu widmen und ihn vor dem drohenden Untergang zu retten. Sie lässt erkennen, wie die Weltenkugeln durch die Wärme ihren Abstand selbständig und zweckmässig so reguliren, dass nicht nur eine Zerstörung unmöglich ist, sondern dass ein bestimmtes Stadium eines grössern Planeten sich in unglaublich lange Perioden hinauszieht,

da bei allmäliger, innerer Erkaltung des Nebenkörpers diesem erlaubt ist, sich immer mehr der wohltuenden Zentralglut zu nähern.

Welche Aussicht bietet sich unserer Mutter Erde dar! Welche Jahrmillionen sind ihr noch vergönnt, unter dem schützenden Flügel der Sonnenwärme ihre organische Stadien zu vollenden! Freilich erwächst dabei wieder eine neue Schwierigkeit. Wenn kleinere Weltkörper (Mars, Planetoiden) sich schneller abkühlen und der Sonne sich verhältnismässig mehr nähern als die Erde, so müssen sie einmal an dieser vorbeiziehen. Werden sie dann nicht ihre Existenz bedrohen? Nein, gerade die mannigfaltigsten Verschlingungen der Planetoidenbahnen zeigen, dass Weltkörper mit gleichem, mittlern Sonnenabstand sich gut vertragen und ungehindert ihre Bahnen ziehen. Auch werden wir später noch einen Faktor kennen, der ihren Zusammenstoss verhindert. Und was Ausserordentliches könnte im schlimmsten Falle geschehen? Ein solcher unberufener Wunderfitz würde zu Trabantendiensten verurteilt und müsste die irdischen Nächte erhellen. In Folge der ein für alle Mal einfach und wunderbar erstellten Schöpfung kann ein solcher Neuling nur Segen stiften. Doch davon später.

Die beiden Faktoren, Sonnenhitze und Aetherkälte, versuchen sich an den Planeten und bearbeiten ihren Dunstkreis. Je nach der verhältnismässigen Grösse und Wärmeempfänglichkeit des letztern werden die Weltkörper in eine gewisse „Ehrfurchtsentfernung“ von der Sonne gewiesen. Der Aether bewirkt aber einen festen Anschluss des ganzen Sonnensystems. Wie unsere Atmosphäre sich rings um die Erde anschliesst, oder vielmehr durch die aüssere Kälte einseitig angedrückt wird, so schliessen ungeheure Dunstmassen den Sonnenball ein und folgen hierauf die Aetherschichten, in welchen die Planeten schweben. Wenn nun die Sonne eine Achsendrehung ausführt, so teilt sich dieselbe in ihrer Aequatorzone dem Dunstkreis und den nähern und fernern Aetherschichten je nach Massgabe des Anschlusses mit. So kommt es, dass der Rundgang um die Sonne nicht von der Grösse oder Masse der Planeten abhängt, sondern einzig von dem Sonnenabstand; dieser aber von dem Verdichtungsstadium des betreffenden Weltkörpers.

220. Die Sonne als Zentralkörper, Drehung der Nebenkörper. Die einseitige Wärme, welche die Sonnenstrahlen auf

den untergeordneten Weltkugeln ihres Systems anfachen, wird vermehrt, bis sie durch Achsenrotation sich ausgleichen muss. Die Erde hatte und hat sowohl beim Rundgang als bei ihrer Achsendrehung eine mit dem Lauf der Zeit veränderliche Schnelligkeit. Ihre jährliche Bewegung wird bedingt vom Sonnenabstand. In der Entfernung Merkurs brauchte sie zu einem Rundgang nur 88 Tage, in der Entfernung Jupiters auch 12 Jahre. Die Achsendrehung ist aber das Ergebnis zweier Faktoren, der Wärmeempfänglichkeit des Dunstkreises und des Abstandes von der Sonne. Die Erde würde in Jupitersentfernung viel langsamer und Jupiter in Erdentfernung viel schneller rotiren als jetzt. Würden Erde und Jupiter heute in ihrem Sonnenabstande vertauscht, so würden sie, durch die Sonnenwärme beeinflusst, schleunig ihren jetzigen Standort wieder beziehen.

Gasmassen, die durch plötzlich entstehende Hitze oder ausserordentlich vermehrtes Volumen dem Dunstkreis der Sonne entsteigen, können unter ausserordentlichen Verhältnissen sich von ihr ablösen und selbständige Weltkörper bilden. Sie werden in aüsserst grosse Entfernungen abgestossen und unterwegs durch den abkühlenden Aether verdichtet, worauf sie sich wieder dem Sitz der Wärme zuwenden müssen. Dieser Punkt über Entstehung und Lebensweise der Kometen wird später ausführlich behandelt werden.

Die kosmische Schwere umfasst sämtliche Wirkungen der Wärme auf die Weltkörper. Sie zeigt sich entweder in einem positiven oder negativen Druck, in einer Bewegung gegen den Hauptkörper oder von ihm weg. Die extremen Wärmeeinflüsse wirken immerfort und überall, indem einerseits die Hitze des Zentralkörpers, anderseits die Kälte des Weltenraums nach unsern menschlichen Begriffen im ganzen Sonnensystem allwirksam und allgegenwärtig sind. Der Einfluss dieser Wärmefaktoren auf einen Weltkörper oder Aggregatkomplex bedingt die Scheidung seiner Stoffe, die Kohäsion seines Dunstkreises, den Fall seiner Körper, seine Gestalt, seinen Abstand vom Hauptkörper, seine Mitbeteiligung an dessen Achsendrehung durch eine Rundbahn, die Gestalt dieser Bahn, seine allfällige, selbständige Achsendrehung u. s. w., mit einem Wort, das Stadium der Verdichtung dieses Weltkörpers und seine Stellung zum ganzen Sonnensystem.

221. Die Sonne als Urball unsers Systems. Ohne in eine weitlaüfige und gründliche Kosmogonie einzutreten, muss ich ein zusammenhängendes Bild über die Entstehung der Weltkörper entwerfen, wie es die neue Lehre mit sich bringt.

Sowohl Kant als Laplace nehmen an, dass der Stoff zu den verschiedenen Weltkörpern ursprünglich im ganzen Weltenraum gleichmässig verteilt gewesen sei; aber Kant lässt diesen Stoff kreuz und quer in ein buntes Gestöber zusammenwirbeln, während Laplace ursprünglich die Atmosphäre der rotirenden Sonne sich über das ganze System erstrecken lässt. Beide schreiben der Schwere aussergewöhnliche und übernatürliche Wirkungen zu; Laplace nimmt auch die Abkühlung und Zusammenziehung des ganzen Stoffes, besonders gegen die Hauptrotationsebene zu Hülfe, indem die einzelnen Parallelkreise sich gegen dieselbe senken, wodurch Zonen und konzentrische Ringe entstehen.

Ich muss vorausschicken, dass ich über die Entstehung der Weltsysteme 2 Grundsätze habe:

1) Das Weltall bleibt sich im grossen Ganzen durch alle unendlichen Zeiten gleich; die einzelnen Weltsysteme ändern beständig.
2) In den einzelnen Weltsystemen lösen sich in unermesslichen Perioden, den Nachbarsystemen entsprechend, der Trieb zur Verdichtung und derjenige zur Lockerung der Materie ab, je nach dem überwiegenden Einfluss der Kälte oder der Hitze.

Während z. B. unser Sonnensystem sich verdichtet und sein Stoff (mit Einschluss des Aethers) einen immer kleinern Raum einnimmt, kann in einzelnen benachbarten Systemen eine Vergrösserung, d. h. ein allmäliges Auflockern der verdichteten Weltkörper vor sich gehen. Ist dagegen die Verdichtung unsers Sonnensystems und die Lockerung einiger benachbarter Weltsysteme vollzogen, so kann bei uns die allmälige Lockerung und bei jenen die allmälige Verdichtung eintreten, so dass die grossen Abwechslungen oder Perioden in den einzelnen Weltsystemen einander gegenseitig bedingen und einem ewigen Hin- und Hergang des Uhrpendels gleichen.

Befindet sich nun das Sonnensystem am Ende einer Lockerungsperiode, so ist sein Stoff in ihrem Gebiet gleichmässig verteilt und der Aether damit. So wie die entgegengesetzte Wirkung

eintritt, so schliesst sich — gleichsam rings von einem Kältehauch berührt — die ungeheure Masse immer enger an. Dadurch bildet sich ein immer grösserer Gegensatz zwischen der Kälte der an Stoff armen, aüssern Schichten und der Hitze des sich im Innern immer mehr und mehr verdichtenden Stoffes. Durch entsprechende Bewegungen werden besonders in einer gewissen Grenzschicht diese Extreme teilweise ausgeglichen. Wenn nämlich durch die Verdichtung im Innern Hitze entsteht, so wird daselbst ein geeigneter Stoff gezwungen, sich der Kälteregion zuzuwenden. Ist die Spannung klein und die Bewegung mässig, so wird der bewegliche Stoff an der Grenze der Weltennebelmasse allmälig abgekühlt, bis er sich wieder in Folge der Verdichtung einwärts zurückziehen muss. So geht die Ausgleichung vor sich. Je länger die Verdichtung andauert, desto grösser wird der Unterschied zwischen den innern und aüssern Schichten, sowohl an Wärme als an Dichtigkeit. Die Verdichtung schreitet von der aüssersten Grenze der Gesamtmasse zu den innersten Teilen vor, indem sehr viele kalorische Zwischenstufen, Stockwerke entstehen, in denen geeignete Stoffe durch ihre doppelten Bewegungen den allgemeinen Prozess der Wärmeausgleichung durchführen.

Ursprünglich wäre also sämtlicher Stoff unsers Sonnensystems über das ganze Gebiet verteilt. Allmälig würde sich der Stoff durch Verdichtung zurückziehen und nur der Aether, die aüsserst feine Verteilung des Stoffes, als Bindeglied den Weltenraum zwischen der sich verdichtenden Ursonnenmasse und den Nachbarsystemen ausfüllen, und durch seinen erkältenden Einfluss das Werk der Verdichtung fortsetzen. Eine Drehung dieser Urweltenmasse gleich von Anfang an ist weder durch die aüssern Umstände geboten, noch für eine spätere, einheitliche Bewegung notwendig.

222. Die Sonne als Weltenmutter. Wir wollen einmal annehmen, die Verdichtung der Ursonne sei schon viele Jahrmillionen langsam und stetig vor sich gegangen, und es seien in den mittlern Regionen schon solche Stoffe massenhaft verdichtet, die bei geringer Wärmezunahme ein überaus grosses Volumen einnehmen könnten (beim Uebergang des Wassers in Dampf z. B. über 700 mal). Nun wäre es leicht gedenkbar, dass bei dem Verdichtungsprozess plötzlich eine grosse Masse einer Verbindung sich entwickelte und bei dieser energischen Verbindung zweier viel-

verbreiteter Stoffe auch eine ausserordentliche Hitze entstünde, wodurch ein grosser Teil von der Gesamtheit abspringt, um seine Verdichtung selbständig im freien Aether des Sonnensystems durchzuführen.

Auch jetzt ist es noch nicht absolut nötig, dass die Hauptmasse eine Achsendrehung habe, welche sich noch vor der Trennung der andern Masse mitteile, wenn es auch anderseits wahrscheinlich ist, dass diese Drehung den Verdichtungsprozess begleite. Aber ein anderer Punkt ist wesentlicher. Die ersten Neubildungen werden riesiger Natur sein, verhältnismässig tief aus dem Innern der Gesamtmasse herkommen. Sie erfüllen einstweilen den Zweck, die Verdichtung des Ganzen zu beschleunigen; sie verdichten eben schneller als die Gesamtheit, da sie dem Aether eine verhältnismässig grössere Oberfläche darbieten. Die Teilung ist also ein einfacher und naturgemässer Vorgang in der Verdichtung.

Auch die Nebenmasse braucht nicht notwendig eine Achsenrotation auszuführen; dagegen wird sie im Allgemeinen früher als die Hauptmasse in den Fall kommen, eine neue Teilung vorzunehmen, weil sie offenbar sämtliche Verdichtungsstufen schneller durchlaüft.

Nach meiner Ansicht entstiegen also die Planeten dem Schosse der Sonne. Newton hätte das auf einfache und natürliche Weise nicht zu Stande gebracht und die Gottheit durfte er nicht allzusehr in Anspruch nehmen. Nach meiner Theorie und meinen kosmogonischen Grundsästzen muss die gesamte Stoffmasse des Sonnensystems sich abwechselnd bei den Hauptperioden in unzählige Glieder teilen; aber bleibt in einer organischen Gesamtheit vereinigt.

Denken wir uns nun, dass der Verdichtungsprozess grössere Einheiten von Jahrmillionen angedauert und sich eine bedeutende Zahl Riesenplaneten von der Hauptmasse abgelöst haben, ja dass aus jenen sogar wieder kleinere Glieder gebildet worden seien. Die grössern oder kleinern Glieder mögen nach allen beliebigen Richtungen, rings um den Hauptweltenball abgesprungen sein, sie mögen sogar eigene, ja die verschiedensten Achsendrehungen haben, so kommt eine Zeit, wo die Sonnenmasse eine Achsendrehung erhält, der sich im Verlaufe der Zukunft alle Glieder fügen müssen, weil sie an Stärke, Ausdehnung und Dauer alle andern überflügelt.

Aus dieser Betrachtung ergibt sich ferner, dass die ersten und grössten Glieder der Planetenfamilie (im Allgemeinen gesprochen) aus dem Innern der Ursonne stammen, verhältnismässig die meisten Stoffe mit ihr gemein haben; und dass die spätern und kleinsten Glieder mehr aus den aüssern Schichten der Atmosphäre der jetzigen, also schon bedeutend verdichteten Sonne herkommen und auch weniger Stoffe mit ihr gemein haben können. Die Stoffe, welche die Mittelpunkte der Riesenplaneten bilden, haben einen höhern Siedepunkt als diejenigen, welche sich in den Zentren neuerer Planeten unsers Systems vorfinden. Es erhellt auch weiter, dass die Riesenplaneten wahrscheinlich in langen Perioden auf einander folgten, dass die Planetoiden in kurzen Perioden nach einander ihre Entstehung erhielten und dass die jüngsten Sonnengebilde, die Kometen, innerhalb sehr kurzer Perioden aus dem Schosse der Sonne steigen.

Der andauernde Kälteeinfluss hat also eine etwelche Verdichtung der Gesamtmasse und eine einstweilige Trennung in einen Hauptkörper und mehrere Nebenkörper bewirkt; die ursprünglich enorm ausgedehnte Weltennebelmasse ist auf eine grosse Sonne und mannigfaltige Begleiter reduzirt worden.

223. Gestalt und Achsendrehung der Sonne. Die Wärme ist das Agens der Bewegung. Hitze und Kälte führen den grossen Reigen der Natur durch. Wie kann nun eine Gesamtmasse sich weiter entwickeln, wie kann eine Ursonne zur Kugelgestalt und zur Achsendrehung gelangen? Diese 2 Punkte habe ich im Vorhergehenden, besonders in Nr. 213 und 218, sehr ausführlich behandelt. Vielleicht bewegt sich, in Folge anderweitigen Zusammenhangs, der umschliessende Aether schon in einer bestimmten Richtung und reisst die mitschwimmende Ursonne mit sich. Das hätte auf die einseitige Abkühlung des Weltkörpers Einfluss und könnte auch eine Achsendrehung oder einen Rundgang einleiten, auf jeden Fall Richtung und Geschwindigkeit der Drehung beeinflussen.

So wie aber eine heisse Kugelmasse in einem kalten Medium eine Achsendrehung ausführt, so tritt ein neuer Unterschied hervor zwischen den Stellen der Oberfläche, welche am meisten, und denen, welche am wenigsten gedreht werden, Aequator und Pol. Die verschiedene Bewegung ergibt einen verschiedenen Wärme-

verbrauch, der wieder anderweitig ausgeglichen wird, indem die Bewegungen der Aequatorialschichten in ungeheuer grossen Entfernungen noch am Aether bemerkbar sind. Es ist sich also nicht zu verwundern, wenn sie auch die meiste Wärme verbrauchen, somit die grössten innern Bewegungen unterhalten, den Fall verdichteten Stoffes, neue Verbindungen abgekühlter Elemente, erhöhte Lichterscheinungen, energisches Steigen verflüchtigter und neblichter Massen (Protuberanzen) veranlassen, was sich an unserm Zentralkörper durch Sonnenflecken und Sonnenfackeln zu erkennen gibt.

Ich verweise bei Gelegenheit der Achsendrehung auf das Verfahren, welches der Feuerwerker anwendet, um eine rotirende Sonne zu erhalten. Er steckt das obere Ende eines aufrechten Stabes lose an einen wagrecht befestigten Nagel, während das andere Ende mit dem quer daran befestigten Brennstoff herunterhängt. Indem dieser z. B. von der linken Seite her entzündet und wirksam gemacht wird, bewegt sich der Stab auf die rechte Seite, hebt sich vermittelst der in der Luft aufstrebenden Flamme, senkt sich nachher durch das Gewicht des Stabes u. s. w., so dass jene Drehung entsteht, welche durch ihre Schnelligkeit und das Aussprühen der Funken die bekannte, ununterbrochene Erscheinung veranlasst. Die Mitwirkung der irdischen Schwere und der erwärmten Luft im genannten Versuche wird beim kosmischen Vorgang durch entsprechende Faktoren genugsam ersetzt.

Während bei der Dampfmaschine der Kolben durch den einseitigen Druck, vom heissen zum kältern Dampf (vermittelst Schiebersteuerung) hin- und herbewegt wird, so werden die Hauptstösse eines leuchtenden Weltenschwungrades durch die entgegengesetzten Bewegungen der extremen Wärmestufen veranlasst und durch viele kleinere Partialbewegungen verstärkt.

Die Astronomen schliessen aus der allmäligen Veränderung der Fixsterne, dass unsere Sonne mit ihrem ganzen Geleite durch einen Teil des Weltalls pilgere. Gehe eine solch fortschreitende Bewegung durch den Raum von einem einzelnen Systeme aus, oder werde sie von mehreren Nachbarsystemen veranlasst, so muss sie notwendig mit der Zeit die Achsendrehung des bewegten Urnebels oder der bewegten Ursonne beeinflussen und allmälig nach Richtung bestimmen. Die fortschreitende Bewegung durch den Raum veranlasst eine einseitige Abkühlung. Das gestörte Gleich-

gewicht wird durch die Achsendrehung so ausgeglichen, dass die Achse ungefähr senkrecht auf der Bahnfläche steht und die Richtung der Achsendrehung mit derjenigen der Rundbahn übereinstimmt. Wenn man sich weiter vergegenwärtigt, wie solche Zentralkörper zu gewissen Zeiten Dunstkreise von einigen hundert Millionen Meilen und entsprechende Aetherschichten haben, so kann man sich auch vorstellen, wie ungeheuer langsam der Verdichtungsprozess vor sich geht.

224. Fortpflanzung der Achsendrehung der Sonne auf untergeordnete Weltkörper. Die Achsendrehung der Sonne ist das zufällige Ergebnis ihres tätigen Kampfes um die Verdichtung; aber sie zieht noch weitere Folgen nach sich. Die Drehung, welche von den untern Schichten der Atmosphäre ins Werk gesetzt wird, teilt sich den obern Schichten derselben und dem anschliessenden Aether rings herum mit und pflanzt sich bis an die Grenzen ihres Systems fort. Der mehr oder weniger enge Anschluss der Medien bedingt die allmälige Verlangsamung dieser Bewegung von innen nach aussen. Der Rundgang der Wandelsterne ist also bloss eine Folge der Achsendrehung des Hauptkörpers, welche von seinem Dunstkreis und dem anschliessenden Aether mitgemacht wird. Gerade so führen die Wolken, welche in unserm Dunstkreis schweben, die tägliche Achsendrehung unserer Erde als Rundgang aus.

Wäre der Zusammenhang der Sonne sowohl mit der Atmosphäre als mit dem Aether so stark wie bei festen Körpern, so würde die Achsendrehung der Sonne und der Rundgang der nähern und fernern Planeten genau in derselben Zeit stattfinden. Dann wäre wohl auch die ganze Bewegung mittelschnell. Aber der Zusammenhang mit der lockersten Aggregatform und dem feinsten Stoffe, dem Äther, ist ein Minimum, wodurch der Rundgang der entfernten Nebenkörper entsprechend verzögert wird.

Diese Anschauung erklärt besser als jede andere Theorie, dass sämtliche Planeten ihre Bahnen in der Richtung der Achsendrehung der Sonne und in ihrer Aequatorialzone ziehen. Nach Newton könnte der erste Anstoss jedes einzelnen Planeten beliebig sein nach Richtung und Stärke. Es wäre also möglich, dass die Planeten sich nach allen Himmelsgegenden bewegten. Auch müsste ihre Schnelligkeit nicht absolut von der Sonnenentfernung

abhangen, da der Anstoss eines entfernten Planeten viel stärker sein könnte als derjenige eines nähern Planeten.

Der Mond, der treue Begleiter der Erde, hat keine für die Sonnenwärme empfindliche Atmosphäre. Er wird also nicht vom Sonnenlicht um seine Angeln gedreht, sondern zieht passiv die Bahn, welche den Aetherschichten, in denen er schwebt, angewiesen ist. Die Achsenbewegung der Erde treibt also in der Entfernung des Mondes die Aetherschichten in 27⅓ Tagen einmal herum und weil der Mond keine selbständige Wärme auf seiner Oberfläche hervorbringen kann, um in diese Bewegung einzugreifen, so muss er der Erde immer dieselbe Seite zuwenden.

Die neue Theorie kann also sehr leicht erklären, warum beim Mond Rundgang und Achsendrehung zusammenfallen.

Wenn ferner, nach Nr. 209, Laplace meint, die Atmosphäre könne sich in der Aequatorialzone nur so weit ausdehnen, bis die Fliehkraft genau die Schwere ausgleiche, so basirt diese Meinung eben auf dem falschen Grundsatz, dass ein Weltkörper mit Einschluss seines Dunstkreises in allen Teilen haarscharf die gleiche Drehung ausführe, welche aber damit wie mit einem Striche abgegrenzt sei. Aber die Schöpfung kennt diese Grenzen menschlicher Kurzsichtigkeit nicht. — Daselbst heisst es dann weiter, dieser Punkt ist vom Zentrum der Sonne um den Abstand eines Planeten entfernt, der seinen Rundgang genau mit der Achsendrehung der Sonne vollzieht. Nach der neuen Lehre braucht es keine besondere Weisheit, um diese Behauptung als unwahr zu erkennen; denn gerade die Protuberanzen, die noch in der untern Schichten der Sonnenatmosphäre vorkommen, brauchen die vorgeschriebene Zeit zu ihrem Rundgange.

Ebenso unrichtig sind die Bemerkungen, welche sich daselbst über die Grenze der Mondatmosphäre vorfinden. Ich halte es indessen für überflüssig, ausführlich darauf einzutreten.

Kapitel 6.

Die Kälteschwere und die Nebenkörper.

225. Entstehung der Planeten und Satelliten. Das Wesentliche ist in Nr. 222 besprochen worden.

Nur muss ich 2 Vermutungen vorausschicken, deren innere Wahrscheinlichkeit sich aus dem Zusammenhang ergibt. Sie beziehen sich auf den einheitlichen Stoff und die einheitliche Verdichtung der Weltkörper:

1. Die Glieder unsers Sonnensystems (wahrscheinlich aller Weltsysteme) bestehen im Allgemeinen aus denselben Grundstoffen und bilden unter ähnlichen Temperaturverhältnissen dieselben chemischen Verbindungen.
2. Die Weltkörper machen gleichartig ihre Verdichtung nach den 4 auf einander folgenden Hauptstadien durch:
 a. Nebelmasse (chaotische Weltkörper).
 b. Feuriger Kern und grosse Atmosphäre, die leuchtenden Weltkörper, die Sonnen, Fixsterne (heliotischen Weltkörper).
 c. Grosser, dunkler Kern und mittlere Atmosphäre, die Erde, die übrigen Planeten (geotische Weltkörper).
 d. Dunkler Kern ohne eigentliche Atmosphäre, Erdmond (selenitische Weltkörper).

Nach der neuen Lehre sind also die grössten Planeten im Allgemeinen die ältesten und die kleinsten zugleich die jüngsten. Dieser Satz birgt aber eine Schwierigkeit in sich, die nicht so leicht zu heben ist. Wir haben nämlich Gebilde erster und zweiter Ordnung vor uns, von denen *jene* wahrscheinlich von Jupiter über die Planetoiden und Kometen bis auf die Meteore heruntergehen und *diese* durchaus nicht notwendig auf die jetzigen Satelliten beschränkt sind. Jupiter, Erde und andere Planeten haben im heliotischen Zustande ebenfalls kleinere Gebilde erzeugt, die nicht mehr notwendig in ihrem Gefolge sind, wie man später sehen wird. Auch muss man nicht notwendig annehmen, wie man bisanhin gewohnt war, dass der Erdmond von der Erde und die Jupitermonde von Jupiter abstammen.

Die Gesamtmasse unsers Sonnensystems oder die Ursonne war wohl noch in nebelartigem Zustand, in welchem nur von Zeit

zu Zeit ein heller Funken aufsprühte, als Jupiter, der älteste unter den bekannten Planeten, schon im Sonnenkleide prangte. Er glänzte auch noch, als seine Trabanten das eigene Licht schon ausgelöscht hatten und ihre organische Entwicklung vollzogen. Aber es waren ihnen auch andere Entfernungen und Bewegungen vorgeschrieben. Jupiter selbst stand noch nicht im jetztigen Abhängigkeitsverhältnis zur Sonne, was wir analog aus den Doppelsternen herauslesen können.

Während in der jetzigen Periode die Sonne noch leuchtet, Jupiter im Anfang der geotischen Entwicklung steht, wahrscheinlich noch lange nicht seine Uebergangsschichten bildet, hat die Erde, ein viel jüngeres, aber auch viel kleineres Glied der Planetenfamilie, schon mehrere organische Weltalter überstanden und sind die Jupitermonde und der Erdmond in Erstarrung.

Wenn man sich in die Zeiten unserer Ursonne zurückversetzt, wie es die neue Theorie mit sich bringt, so wird man unwillkürlich an Secchi erinnert (die Sterne, Leipzig. F. A. Brockhaus. 1878. Seite 223 und 224) und an die Verhältnisse bei den Doppelsternen: Wie eigentümlich muss es sich ausnehmen, von einer nahen und einer entfernten Sonne beschienen zu werden, oder wenn der Tag von einer roten Sonne und die Nacht von einer grünen Sonne beschienen wird oder wenn auf den Tag mit verschiedenfarbigen Sonnen eine Nacht folgt, die mit goldfarbigem Dämmerlicht beginnt und mit blauem verschwindet.

Guter Mond, solche Tage und Nächte hast du seinerzeit gekostet, als du noch im geotischen Zustande warest. Da haben dir die Sonne, die Erde und andere grössere Planeten überschwenglich Licht und Wärme gespendet. Wenn in künftigen Zeiten die Erde bedeutend näher der Sonne getreten sein wird, kann dann bei deinen langen Tagen die erstarrte Atmosphäre wieder auftauen und dir neues Leben bereiten? —

226. Rundgang der Planeten und Satelliten. Der Rundgang der Nebenkörper ist in Nr. 224 eingeleitet worden.

Das dritte keplersche Gesetz gibt uns Aufschluss über den Zusammenhang der Aetherschichten. Dabei werden wir aber gewahr, dass es für gewisse Verhältnisse und Abstände nicht haarscharf passt und einer Korrektion bedarf. Dass der Anschluss der Atmosphäre und des Aethers in der Nähe des Hauptkörpers

viel stärker ist als in grösserer Distanz, zeigt eine nähere Betrachtung. Also einige Daten.

Die Achsendrehung der Sonne in 25 Tagen 5 Stunden bewirkt auf einer mittlern Entfernung von 8 Millionen Meilen (57 Millionen Kilometer) bei Merkur einen Rundgang in 88 Tagen; auf 14½ Mill. Meilen (107 Mill. km) bei Venus einen Umlauf in 222 Tagen; auf 20 Mill. Meilen (148 Mill. km) bei der Erde in 365 Tagen; auf 30 Mill. Meilen (223 Mill. km) bei Mars in 1 Jahr 322 Tagen; auf 40 bis 71 Mill. Meilen (288—511 Mill. km) bei den 244 Planetoiden (Ende 1884) in 3 bis 7 Jahren; auf 104 Mill. Meilen (770 Mill. km) bei Jupiter in fast 12 Jahren; auf 190 Mill. Meilen (1412 Mill. km) bei Saturn in ungefähr 29½ Jahren; auf 381 Mill. Meilen (2839 Mill. km) bei Uranus in 84 Jahren und auf 598 Mill. Meilen (4441 Mill. km) bei Neptun in 164⅔ Jahren einen Rundgang um die Sonne.

Bei Vergleichung der Planetenbahnen findet man folgende Winkelgeschwindigkeiten: Neptun 0,5°, Uranus 1°, Saturn 3°, Jupiter 7°, Mars 46°, Erde 87°, Venus 141°, Merkur 360° (Sonne 1257°).

Dabei ergibt sich auf die Zeitsekunde für Neptun 0,7 Meilen (5 km), für Uranus 0,9 Meilen (6 km), für Saturn 1,3 M. (9 km), für Jupiter 1,7 M. (13 km), für die Asteroiden 2,1 bis 2,7 M. (15—19 km), für Mars 3,2 M. (23 km), für die Erde fast 4 M. (29 km), für Venus 4,7 M. (34 km) und für Merkur 6,4 Meilen (47 km).

Man könnte nun vermuten, dass der Herd dieser Bewegung, die Sonne, am Aequator mindestens 8 Meilen Achsendrehung zeige. Das ist aber nicht der Fall. Dieser Hauptkörper, bei einem Durchmesser von 190000 Meilen (1368000 km) und einer Rotation von 25¼ Erdentagen, hat am Aequator eine Geschwindigkeit von etwa 0,27 M. (2 km) in der Sekunde. Es ist das ein deutlicher Fingerzeig, dass der Hauptsitz der Rotationsbewegung in bedeutender Entfernung von der Oberfläche der Sonne liegt, dass daselbst der Anschluss der Aetherschichten sehr stark ist, und dass die 2 entgegengesetzten Bewegungen, welche von dem heissen Zentralkörper und den kalten Aetherschichten herrühren, besonders wirksam sind zwischen der eigentlichen Sonne und Merkur.

Das Jupitersystem ergibt Folgendes: Der 4. Mond hat bei einer Entfernung von 27 Jupiterhalbmessern und einer Umlaufs-

zeit von 16,7 Erdentagen eine mittlere Geschwindigkeit von etwa 1,2 Meilen (8 km), der 3. Mond bei einer Entfernung von 15 Halbmessern und einer Umlaufszeit von 7 Tagen eine Geschwindigkeit von etwa 1,5 Meilen (11 km), der 2. bei einer Entfernung von 9,5 Halbmessern und einer Umlaufszeit von 3,5 Tagen eine Geschwindigkeit von 1,9 Meilen (14 km), der 1. Mond bei 6 solchen Halbmessern und einer Umlaufszeit von 1,8 Tagen eine Geschwindigkeit von 2,5 Meilen (18 km) je in 1 Sekunde. Indem wir in dieser Progression weiter gehen, erwarten wir für den Hauptkörper am Aequator eine Achsenrotation von 4 Meilen (29 km) in der Sekunde. Allein Jupiter hat bei einem Halbmesser von 10000 Meilen (72000 km) und einer Umlaufszeit von etwa 10 Stunden eine Geschwindigkeit, deren Maximum etwa 1,8 Meilen (12 km) in der Sekunde beträgt. Im Uebrigen bestätigen die Beobachtungen, dass bei der Drehung die Atmosphären dem Kern vorauseilen.

In dem Masse, wie Jupiter schneller um seine Achse rotirt, bewegen sich auch seine Monde schneller, was hier ausdrücklich nochmals erwähnt werde. Bekanntlich ist der 2. Jupitermond ungefähr so gross wie der Erdmond, die übrigen grösser. Nun kreist der 1. Mond in einem Abstand von 58000 Meilen (418000 km) um Jupiter und hat von diesem aus betrachtet einen grössern scheinbaren Durchmesser als unser Mond, von der Erde aus gesehen, und vollendet seinen siderischen Umlauf in ungefähr 1 $^3/_4$ Tagen, während unser Mond in einem mittlern Abstand von nahe 52000 Meilen (374000 km) den siderischen Umlauf in 27 $^1/_3$ Tagen vollendet.

Auf der Erde ergibt sich am Aequator eine Drehungsgeschwindigkeit von 450 m, beim Mond auf die entsprechende Rundbahn etwa 1023 m in der Sekunde. Also durchweg eine bedeutende Beschleunigung von der Oberfläche des Hauptkörpers bis zu den eigentlichen Aetherschichten, ein Beweis, wie eng der Anschluss der atmosphärischen Schichten sein muss.

Die Sonne müsste bei der gleichen Winkelgeschwindigkeit einen etwa 30 mal grössern Halbmesser haben (beinahe 3 Millionen Meilen oder 21 Mill. km), um in der Sekunde die oben vermutete Drehungsbewegung von 8 Meilen (57 km) am Aequator aufzuweisen; Jupiter müsste ähnlich einen 2—3 mal grössern Halbmesser haben, um in der Sekunde jene 4 Meilen (29 km)

Achsendrehung zu zeigen und die Erde müsste einen wohl zwei mal grössern Halbmesser haben, um die nötige Schnelligkeit zu besitzen.

Diese Beispiele belehren uns über das Verhältnis der Atmosphären verschiedener Weltkörper. Sie zeigen uns ferner, dass die bewegende Kraft nicht ihren Sitz an der Oberfläche des Kernes hat, sondern in einer gewissen absolut und relativ verschiedenen Höhe der Atmosphäre. Da werden schliesslich die Hitze des Weltkörpers und die Kälte des Weltenraums endgültig ausgetauscht, wodurch die bekannte Taktfestigkeit dieser Bewegungen entsteht.

Es ist auch höchst interessant, dass Saturn und Jupiter eine absolut grössere Geschwindigkeit der Achsendrehung am Aequator aufweisen als die Sonne. Woher mag das rühren? Erstens wird die Sonne trotz der enormen Wärmeabgabe sich verhältnismässig nicht so schnell verdichten wie jene Planeten; zweitens werden die Planeten noch von der Sonne bedeutend erwärmt.

Bei dieser Gelegenheit bemerke ich noch, dass der Wellenschlag der verschiedenen Systeme bedeutende Störungen mit sich bringen muss.

227. Achsendrehung der Monde. Man hat bisanhin beim Monde keine oder nur eine aüsserst geringe Atmosphäre entdecken können, so dass sie für die Sonnenwärme unempfänglich ist. Es ist auch sehr unwahrscheinlich, dass der Mond auf der uns abgewandten Seite Luft und Wasser haben könne, wie Camille Flammarion meint. Die Beobachtung bestätigt also den theoretischen Schluss, dass sich der einstige Dunstkreis dieses Satelliten in verdichteter Form an den Kern gelegt habe. Unter übrigens gleichen Umständen musste sich der Mond schneller verdichten als die Erde, da sein Volumen etwa 50 mal geringer ist.

Ein Weltkörper, der keine für die Wärme empfängliche Atmosphäre hat, kann auch keine selbständige Bewegung haben. Er wird aber wie unser Mond passiv im Aether mitschwimmen und somit einen Rundgang um seinen nächsten Zentralkörper machen, wie es des letztern Achsendrehung und Entfernung mit sich bringen. Da aber ein 14 Tage andauernder Sonnenschein auf dieselbe Stelle der Mondoberfläche keine Bewegung zu veranlassen vermag, so muss der Mond bei seinem Rundgang dem nächsten Hauptkör-

per, der Erde, stets dieselbe Seite zuwenden, ähnlich der von weitern Einflüssen verschonten Wolke, welche die Erddrehung ebenfalls mitmacht; ähnlich dem Schiff des Weltumseglers. Dadurch macht er natürlich mit jedem Rundgang zugleich eine Achsendrehung.

Damit ist nicht gesagt, dass die angeführte Achsendrehung bei allen Monden unsers Sonnensystems zutreffe und es sind selbstverständlich andere Weltkörper davon nicht ausgeschlossen, insofern die ihm zukommenden Bedingungen sich einstellen.

Da wir Erdenbewohner im Mittelpunkt des mit seiner Achsendrehung genau zusammenfallenden Rundganges sind, so entgeht uns stets die eine Seite des Mondes. Laplace glaubte deswegen, der Mond habe gegen die Erde hin eine besondere Anschwellung, welche nach den Gesetzen oder Konsequenzen der newtonischen Schwere ihm nicht erlaube, diese massigere Seite von der Erde abzuwenden. Von der Sonne aus gesehen, vollzieht der Mond in Monatsfrist eine Achsendrehung und deswegen rückt auch die Schattengrenze am Monde regelmässig vor.

Wie schon erwähnt, wäre die Sonnenwärme auf dem Mond um so wirksamer, da im Allgemeinen ein Ort auf seiner Oberfläche 14 volle Tage (zu 24 Stunden) des Sonnenscheins geniesst. Ja, einzelne Stellen erfreuen sich eines ewigen Sonnenscheins, der von keiner Wolke getrübt wird. Da liegt eben die Ursache, ohne Leid keine Freud'. Wie wäre ihm doch eine Wolke zu gönnen. Aber es fehlt eben der Dunstkreis. Einst war dieser vorhanden, und der Mond tummelte sich vor Freuden im Sonnenschein: Er hatte eben eine selbständige Achsendrehung.

Ich füge hier noch einige Daten bei, um zu zeigen, welche Aehnlichkeit mit der Erde der Mond trotz seiner Erstarrung hat.

Die Bildungen der Mondoberfläche deuten auf vulkanische Tätigkeit und zwar von solcher Heftigkeit, wie wir dieselben auf der Erde nicht kennen. Daselbst spielt bei den Vulkanen der Wasserdampf eine Hauptrolle. Sehr wahrscheinlich steht an manchen Orten das heisse Mondinnere in Verbindung mit aüssern Schichten, wo das Eis der frühern Meere sich lagert. Die Wärme löst das Eis auf und treibt es zu energischer Tätigkeit. Wundern wir uns nicht, dass die Oberfläche des Mondes viel vulkanischer aussieht als diejenige der Erde; die eruptive Periode kann daselbst noch Jahrmillionen andauern. Erst wenn die

Erde alles organische Leben eingebüsst hat, wird ihre eigentliche, vulkanische Periode beginnen. In einer kleinen Schrift vom Jahr 1863 (die Einheit des Weltalls, Zürich, Meyer & Zeller) sagte ich: Verschiedene Astronomen haben schon Lichtstreifen über den Mond hinziehen sehen. Die wiederholte Beobachtung geübter Forscher und die Langsamkeit der Bewegung lassen uns ausser Zweifel, dass es nicht Meteorerscheinungen sind, welche von der Erde herrühren. Eine Möglichkeit wäre es, dass grosse, meteorische Erscheinungen auf dem Monde vorkämen. Aber es ist noch wahrscheinlicher, dass es vulkanische Ausflüsse unsers Satelliten sind. Denn nach den irdischen Verhältnissen zu schliessen, ist das Innere des Mondes noch nicht so erkaltet wie sein Aüsseres, sondern kann noch sehr heiss sein, weil, durch den aüssern Panzer geschützt, dieser Weltkörper seine innere Wärme nur langsam abgeben kann. —

In den 70er Jahren wurde von Dr. Klein ein neuer Krater entdeckt; auch Veränderungen an bestehenden Kratern sind wahrgenommen worden.

Die 4 Jupitermonde zeigen dieselbe Eigentümlichkeit, dass sie ihrem Hauptkörper stets die gleiche Seite zuwenden. Secchi glaubte zwar, dass der 3. dieser Monde in kürzerer Zeit um die Achse rotire als um seinen Hauptplaneten. Je nachdem kann man auf Ab- oder Anwesenheit eines Dunstkreises schliessen. Dann müsste auch der 4. Mond eine derartige Abweichung zeigen.

Aus der verschiedenen Lichtstärke, die sich je auf dem östlichen und westlichen Teile ihrer Bahnen zeigt, schloss man, dass die 8 Saturnmonde ebenfalls mit dem Rundgang um den Hauptkörper eine Achsendrehung vollenden.

Die 2 aüssersten Monde des Uranus haben eine rückläüfige Bahn, worüber das Nähere erst später folgen kann.

228. Der Sonnenabstand der Planeten, Allgemeines. Ohne einen für das Sonnenlicht empfindlichen Dunstkreis würden die Planeten mit ihrem Rundgang um den Hauptkörper genau eine einmalige Achsendrehung ausführen wie der Mond. Da aber die Planeten eine für die Wärme sehr empfängliche Atmosphäre haben, so erwärmen sie sich vorzüglich auf der Seite, welche der Sonne zugewandt ist. Die Tausende, Millionen und Billionen Pferde-

kräfte, welche dadurch entstehen, setzen sich in Bewegung um und erzeugen die Achsendrehung.

Offenbar sind die Atmosphären der Planeten für die Sonnenwärme um so empfindlicher, je grösser sie im Verhältnis ihres Kernes sind. Damit hängen 2 wesentliche Punkte zusammen:

1) die Schnelligkeit der Achsendrehung,

2) der Sonnenabstand des Planeten.

Denke ich mir einen Planeten mit einer sehr grossen Atmosphäre. Damit ist notwendig noch eine starke, eigene Wärme auf der Oberfläche dieses Weltkörpers eng verbunden. Jeder Sonnenstrahl entfacht darin erhöhte Wärme; es entsteht eine schnellere Achsendrehung, die selbstverständlich der Richtung des Rundganges entspricht. Je näher der Weltkörper der Sonne, desto schneller muss er um seine Achse fahren. Könnte er nicht in 1000 Stücke zerstieben? O nein, die Natur hat vorgesorgt; sie regelt sich selbst. Sowie die Achsendrehung eine gewisse Schnelligkeit erreicht, drängt sie den Planeten weiter von der Sonne weg; ja, so wie die Wärme der Atmosphäre eines Planeten eine gewisse Höhe erreicht, wird der Weltkörper von der Sonne abgestossen. Tritt dagegen eine beträchtliche Kälte im Dunstkreis eines Wandelsternes ein, so wird er angezogen.

Gegenüber einer so einfachen Darlegung des Rundganges und der Achsendrehung der Planeten erscheint die newtonische Theorie geheimnisvoll, verworren und erkünstelt. Die Gottheit sollte diese Bewegungen durch den ersten Anstoss ein für allemal bestimmt haben. Die Sonne sollte diese Weltkörper an sich ziehen, die sie offenbar von sich stösst. Und wenn man auch den Newtonianern Recht geben müsste in diesem Punkt, so könnte man sie doch einer ungeheuern Gleichgültigkeit zeihen: Wo haben sie die Billionen Pferdekräfte, welche die Sonne täglich nur auf der Erde hervorbringt, je in Rechnung gebracht?

Jeder Planet steht also in einem Sonnenabstande, der seiner Atmosphäre entspricht, und sollten sich dabei ausserordentliche Kälte- oder Hitzeüberschüsse zeigen, so werden dieselben sofort durch eine Aenderung im Abstande regulirt.

229. Dasselbe, nach John Herschel. J. Herschel sagt (populäre Astronomie, übersetzt von Dr. Julius Michaelis. Leipzig. Leopold Voss. 1838. Seite 326 und 327): Das 3. keplersche Gesetz

ergibt sich als ganz einfache Folgerung aus den von Newton in dem angeführten Abschnitte (Lehrsatz 15) aufgestellten Relationen. Aus diesem Lehrsatz folgt nämlich, dass die Erde, wenn sie aus ihrer jetzigen Bahn genommen und aufs Neue in den Raum geschleudert würde und zwar an der Stelle, in der Richtung und mit der Geschwindigkeit eines andern Planeten, dieselbe Bahn, welche der Planet wirklich beschreibt und in derselben Umlaufszeit beschreiben würde, nur eine sehr kleine Veränderung der Umlaufszeit abgerechnet, welche von der Verschiedenheit zwischen den Massen der Erde und des Planeten herrührt. Die Planeten sind zwar im Vergleich mit der Sonne klein, aber nicht alle sind, wie die Erde, mit ihr verglichen blosse Atome. Seinem strengen Wortlaut nach ist Kepler's Gesetz, wie Newton in seinem 59. Lehrsatz bewiesen hat, nur auf solche Planeten anwendbar, die im Vergleich mit dem Zentralkörper verschwindend klein sind. Wenn dies nicht der Fall ist, so wird die Umlaufszeit verlängert im Verhältnis der Quadratwurzel derjenigen Zahl, welche die Masse der Sonne ausdrückt, zu der Quadratwurzel aus der Summe der Zahlen, welche die Masse der Sonne und des Planeten ausdrücken. —

Ungeachtet der Ehrfurcht, die ich vor John Herschel als Astronomen habe, kann ich mich des Lächelns über seine newtonischen Spekulationen nicht enthalten. Und doch stellt er an die Stirne des erwähnten Buches folgende Sätze: Jeder, der das Studium einer Wissenschaft beginnt, sollte sich stärken zur Annahme jedes Schlusses, der auf sorgfältige Beobachtung und logische Gründe gestützt ist. Er bedarf überdies einer geistigen Reinheit, um die Züge der Wahrheit und Natur nach ihrem Wesen erkennen zu können.

In Beziehung auf die Rangstellung der Planeten um den Sonnenthron zeigt es sich besonders deutlich, dass die Sonne die Planeten durchaus nicht anzieht, sondern abstösst, und zwar im Verhältnis der von ihr erwärmten Atmosphären. Wie der Nebenkörper eine empfänglichere Atmosphäre hat, wird er nicht nur schneller um seine Achse gedreht, sondern auch weiter von der Sonne abgestossen. Denken wir uns nochmals einen Augenblick Jupiter und Erde in ihrem gegenseitigen Sonnenabstand vertauscht. Ersterer, dessen Sonneneinfluss um das 25fache erhöht würde, erhielte nicht nur eine übermässig erhitzte und vergrösserte Atmosphäre und somit eine rasend schnelle Achsendrehung, sondern

würde aus seiner engen Bahn herausgedrängt und bald wieder in die jetzige Entfernung gewiesen. Die Erde dagegen würde an ihrem fernen Standorte sofort eine so kalte Atmosphäre erhalten, dass der Wasserdunst massenhaft aus ihr ausgeschieden und sogar bis in die heisse Zone als Schnee und Eis niedergeschlagen würde. Die Folge davon wäre eine kleinere Atmosphäre und eine langsamere Achsendrehung. Schliesslich müsste sich die Erde der Sonne wieder nähern. Zeigt die neue Lehre nicht eine schönere und erhabenere Schöpfung mit einfacher und wunderbarer Selbstregulirung? Alles, was seit Newton der menschliche Scharfsinn an der Natur auszusetzen fand, ist durch ungeahnte Vorsorge weit überholt.

230. Dasselbe, Grösse und Entstehung. Die zuletzt erwähnte Eigentümlichkeit ist auch der Grund, dass die Verdichtung der Planeten aüsserst langsam vor sich geht, wie die Schichten der einzelnen Weltalter der Erde zeigen. Wenn eben die Atmosphäre eines Planeten allmälig erkaltet, so darf dieser der Sonne näher treten und wird von ihr auch etwas stärker erwärmt. Die Sonne füllt also die entstehende Lücke einigermassen aus. Freilich muss von einem gewissen Sonnenabstande an der Einfluss der Zonen immer deutlicher hervorstechen und das Licht immer intensiver werden. Auch hierin enthüllt uns die neue Theorie ungeahnte Einrichtungen der Weltkörper. Gehen aber plötzlich grössere Veränderungen an der Sonne vor, so müssen sie in der Stellung der Planeten zum Ausdruck kommen. Ferner sind die organischen Schichten der Erde ein treuer Spiegel der einstigen Verhältnisse und die zuverlässigste und untrüglichste Sonnen- und Weltchronik.

Die so erklärte Drehung der Planeten ist der ungesuchte Grund dafür, dass die Planeten und Trabanten in der Richtung ihrer Bahn und Drehung unter sich und mit der Sonne übereinstimmen und zwar auf die einfachste und natürlichste Art, während die frühern Theorien so wunderliche Voraussetzungen und so gesteigerte Kunstgriffe anwenden mussten, dass die Gottheit allein ihnen zu genügen vermochte.

Die Rangstellung der Planeten ergänzt die Geschichte über die Entstehung und Verdichtung der Planeten.

Aus der neuen Lehre ergeben sich folgende Grundsätze, welche innert einer kurzen Spanne der Zeit durch die Beobachtung bestätigt werden können.

1. Die Planeten sind nicht mit einander, sondern nach einander entstanden, die grossen zuerst, die kleinsten (Planetoiden) zuletzt. Mit einiger Beschränkung könnte dieser Satz sogar auf Kometen und Meteore ausgedehnt werden.
2. Die Zeit, welche zwischen der Entstehung eines Planeten und seines Nachfolgers verstrich, nahm mit der Grösse dieser Weltkörper allmälig ab, wodurch wenige Riesen- und Mittel-, aber sehr viele Zwergplaneten u. dgl. entstunden.
3. Die Verdichtung dieser Weltkörper richtet sich nach der Gesamtoberfläche, wo der kalte Weltenraum einwirken kann, nach der Gesamtmasse, deren Hitze neutralisirt werden muss und einigermassen nach dem Sonnenabstand.

Die grössern Planeten haben folgende, wahre Aequatorialdurchmesser, welche in Teilen des Erddurchmessers angegeben sind:

Jupiter 11,27; Saturn 9,70; Uranus 4,64; Neptun 4,31. Erde 1,00; Venus 0,938; Mars 0,529; Merkur 0,377.

Wären die Planeten mit einander entstanden, und von gleichem Stoff und gleicher Grösse, so hätten sie denselben Sonnenabstand. Wären sie aber in verschiedenen Zeiten in gleicher Grösse entstanden, dann wäre ihre Verdichtung, also auch ihr Sonnenabstand ungleich, und zwar würde letzterer das umgekehrte Verhältnis ihres Alters zeigen. Nun sind die grössern Planeten von verschiedener Grösse und in verschiedenen Abständen; wie kann daraus die relative Zeit ihrer Entstehung abgeleitet werden? — Eine Untersuchung dieser Angelegenheit führt uns zu der Notwendigkeit, jede der drei Hauptkategorien der Planeten gesondert zu betrachten.

231. Dasselbe, Gruppen nach Grösse und Alter. Die Riesenplaneten, Jupiter mit 1335, Saturn mit 823, Uranus mit 92 und Neptun mit 80 Erdvolumen sind (trotz des bedeutenden Unterschiedes ihrer relativen Grösse) sehr wahrscheinlich in dieser Reihenfolge entstanden. Ihre Massenhaftigkeit und die grosse Zwischenzeit ihrer Entstehung haben die Verschiedenheit ihrer Grösse noch nicht zum Ausdruck gebracht.

Die Mittelplaneten, unvergleichlich jünger, sind ihrer Kleinheit wegen mehr von der Unbill der Aetherkälte berührt worden. Ihre Atmosphären sind klein. Sie borgen Wärme von der Sonne, und nähern sich ihrem Throne. Das Verhältnis der Grösse ihrer Kugeln ist folgendes: Merkur 0,05; Mars 0,15; Venus 0,83; Erde 1,00. Lassen wir Mars bei Seite, so stehen die übrigen im umgekehrten Verhältnis ihrer Grösse. Würden mehrere verschieden grosse Planeten zugleich entstehen, so würde sich nach einiger Zeit der kleinste am meisten, der grösste am wenigsten verdichtet haben; mit andern Worten, der kleinste würde von der Sonne am wenigsten, und der grösste am meisten abstehen.

Die Zwergplaneten oder Planetoiden sind zu kleine Bruchteile der Sonne, als dass sie haarscharf der Grösse nach die Zeit ihrer Entstehung angeben könnten und ich lasse sie für einstweilen aus dem Spiele.

Fast hätte ich vergessen, dass mir bei der Kontrolirung der Rangstellung noch ein Mittel zur Verfügung steht, welches die Verdichtungsstufe anzeigt, nämlich die Achsendrehung. Mangelndes und Unrichtiges können wir nach Nr. 226 leicht ersetzen. Für Jupiter und Saturn haben wir als Zeit der Achsendrehung 9 Std. 55 Minuten und 10 Stunden 14 Minuten; für Uranus und Neptun finden wir ungefähr $10^{1}/_{2}$ Stunden und 9 Stunden. Wenn wir weiter bedenken, dass die Intensität des Sonnenlichtes auf Jupiter 0,037; auf Saturn 0,011; auf Uranus 0,003 und auf Neptun 0,001 derjenigen auf der Erde beträgt, so können wir uns überzeugen, dass der aüsserste der Riesenplaneten, Neptun, noch am wenigsten verdichtet ist, und dass Uranus, Saturn und Jupiter je etwas dichter werden, wie schon die frühere Prüfung ergeben hatte.

Die mittelgrossen Planeten stehen unter dem gewaltigen Einfluss der Sonne. Die Zeit ihrer Achsendrehung beträgt bei der Erde 23 Stunden 56 Minuten, bei Venus 23 Stunden 21 Minuten, bei Merkur 24 Stunden 5 Minuten. Der Unterschied ist also sehr gering, während die Intensität des Sonnenlichtes für die Erde 1,00: für Venus 1,91 und für Merkur 6,67 beträgt. Wir finden also auch hier bestätigt, dass die Planeten mit der Sonnennähe weiter in ihrer Verdichtung vorgeschritten sind.

Ich habe vorhin Mars auf die Seite gestellt. Ich will das ihm zugefügte Unrecht wieder gut machen. Es wird ihm eine Rotationsdauer von 24 Stunden 37 Minuten zugeschrieben. Wenn

man aber seine Monde befragt, so lächeln sie ins Faüstchen und platzen keck heraus, dass man mit 7—12 Stunden vorlieb nehmen solle. Ich gestehe, dass ich ihnen diesmal eher glaube als den Astronomen. Und wenn man in Betracht zieht, dass auf dem Mars die Intensität des Sonnenlichtes 0,431 beträgt, so steht er in seiner Verdichtung an der richtigen Stelle zwischen Erde und Jupiter. Aber keine Regel ohne Ausnahme und Mars ist diese Ausnahme unter den Mittelplaneten, weil wir sein Alter nicht nach seiner Grösse beurteilen können. Nach der Grösse der Planetenkinder wäre Merkur das jüngste, Mars das zweitjüngste, Venus das drittjüngste; wenn man aber alle Verhältnisse erwägt, so ist Mars weitaus das jüngste Kind dieser Gruppe.

Man besitzt also in der neuen Lehre ein Mittel, die Wärme und die Verdichtung der Atmosphäre der Planeten zu berechnen; aber ich übergehe diese Einzelnheit.

Das Kapitel kann auch noch fruchtbarer gemacht werden, wenn man z. B. die Verdichtung Merkurs (649 geogr. Meilen Durchmesser) mit derjenigen des Erdmondes (469 g. Meilen Durchmesser) vergleicht und wenn man das Verhältnis der Oberflächen, die als Stützpunkt für den Sonneneinfluss dienen, bei den Planeten ebenfalls herbeizieht. In Teilen der Erdoberfläche hat Merkur 0,14; Venus 0,88; Mars 0,28; Jupiter 121,2; Saturn 87,7; Uranus 20,5; Neptun 18,6.

Der richtigste Faktor, welcher dieses Kapitel einst beherrschen wird, liegt in den Veränderungen, welche die Zeit bei diesen Planeten mit sich bringen muss. Aber vorerst müssen die Astronomen der Stabilität die Türe weisen.

Bei dieser Gelegenheit ist mir schon öfter die Frage vorgeschwebt, ob jenseits des Neptun noch die Entdeckung eines Riesenplaneten zu erwarten sei. Ich bejahe diese Frage. Dabei sind 2 Fälle zu unterscheiden. Der zu erwartende Neuling ist grösser und älter als Jupiter, oder überbrückt den bedeutenden Unterschied in der Grösse zwischen Neptun und der Erde. Glück zu!

232. Veränderlichkeit der Achsendrehung und des Rundganges, Haupt- und Nebenkörper. Laplace ist so ängstlich um die Bewegungen; er meint, dieselben bestehen und erhalten sich in der gleichen Art und Schnelligkeit bei den Weltkörpern seit ihrer individuellen Entstehung und durch alle Zeiten hindurch.

indem er ausdrücklich nur Schwankungen in sehr engen Grenzen zugibt. Dem kann ich nicht beistimmen. Was einen Anfang genommen hat, muss ein Ende nehmen. Von diesem Grundsatz kann kein Weltkörper abweichen. Zwischen Anfang und Ende bestehen aber gewisse Perioden oder Stufen.

Als die ältern Planeten noch im Sonnenschmucke dastanden, konnten sie dem Hauptkörper wahrscheinlich näher treten, als sie es heutzutage im gleichen Schmucke könnten; denn der Hauptkörper hatte noch einen kleinen feurigen Kern und eine grosse, störende Dunsthülle. Die einst leuchtenden Planeten mussten selbständige Achsendrehungen ausführen und sich selbst und ihre untergeordneten Systeme beeinflussen. Wahrscheinlich ergab sich aus den gegenseitigen Wärmebeziehungen der Ursonne und der Urplaneten ein langsamer Rundgang der letztern um den Hauptkörper, und zwar in mannigfaltig verschlungenen Bahnen. Je weiter sie sich entfernen durften, desto eher konnten sie ihre Verdichtung vollziehen. Immerhin waren ihrer absoluten Verdichtung bestimmte Grenzen gezogen. Wie der Wasserdunst sich von der Oberfläche der Erde erheben muss, und in einer nicht allzufernen Schicht der Atmosphäre zum Stehen gebracht und zur Verdichtung veranlasst wird, so muss der Einfluss von der Wärme der Ursonnen und von der Kälte des Weltenraums bestimmend auf die Bewegungen der Urplaneten bei uns in jenen Zeiten gewirkt haben und in gewissen Weltsystemen jetzt noch wirken, um den Zusammenhang derselben zu erhalten.

Dadurch entstand und entsteht keinerlei Verwirrung oder gar Untergang des Ganzen, wie die ängstlichen Anhänger der Stabilität meinen. Treten 2 leuchtende Urkörper einander in den Weg, so sind 2 Fälle gedenkbar. Entweder ist der eine Weltkörper überwiegend grösser und mächtiger als der andere, oder sie sind einander beinahe gleich. In beiden Fällen müssen sich heisse Urkörper abstossen. Im erstern Falle wird der kleinere früher und schneller zurückgetrieben, im zweiten Falle müssen sich die beiden Urkörper gleichzeitig und gleichmässig abstossen. Ein Zusammenstoss oder eine Vernichtung zweier feuriger Weltkörper (insofern der eine nicht in beinahe unendlichem Verhältnis zum andern steht wie Erde und Meteor) ist nicht möglich, da die Wärme zugleich Triebfeder und Regulator ist. Die Einfachheit dieser Einrichtung der Natur muss unsere Bewunderung erregen.

233. Dasselbe, Nebenkörper 2. Ordnung. Selbstverständlich mussten auch Nebenkörper zweiter Ordnung entstehen. Diese Ursatelliten wurden von den Strudeln fortgerissen, welche ihre Hauptkörper 1. und 2. Ordnung im Aether veranlassten. Aber davon kann keine Rede sein, dass sie im Urzustande die gleichen Achsendrehungen und Rundgänge ausführten wie heute. Nein, die leuchtenden Ursatelliten mussten in Folge der Einwirkung ihres eigenen Lichtes und desjenigen ihrer beiden Hauptkörper eine Bahn beschreiben, welche beinahe senkrecht stand zu derjenigen des nähern Hauptkörpers. Dieser wies ihnen auch eine grössere Ehrfurchtsentfernung an und beschleunigte ihre selbständige Achsendrehung. Der Nebenkörper ist gewöhnlich viel kleiner als der Hauptkörper und hat somit jede einzelne seiner Verdichtungsstufen schneller durchlaufen. Wenn also der Satellit in den geotischen Zustand übergeht, so leuchtet sein Planet noch und unterhält er ihm noch eine mit dem Rundgang nicht zusammenfallende Achsendrehung. Erst wenn der Satellit gänzlich erstarrt ist, und seine Atmosphäre für die aüssere Wärme unempfänglich wird, erhält er die unserm Monde eigentümliche Achsendrehung, welche auch das Strohhälmchen im Strudel des Baches ausführt.

Wie viele Jahrmillionen mögen vergangen sein vom Anfang der Verdichtung unserer Sonne bis zum jetzigen Zustand. Welche Zeitlaüfte sind nur dahingegangen, seitdem die Erde ihre organischen Schichten begann. Es ist sehr wahrscheinlich, dass besonders die jüngern Riesenplaneten noch fortwährende Lichterscheinungen in den verschiedenen Stockwerken ihrer Dunstkreise zeigen und dass wenigstens einige ihrer grössern Monde noch nicht vollständig erstarrt sind. Man wird mir zwar auf letztern Punkt einwenden, jene Monde seien ja nach der neuen Lehre unverhältnismässig älter als unser Mond, und müssen sich also längst vorher abgekühlt haben und weiter in der Verdichtung vorgerückt sein. Doch dem ist nicht so.

So lange sein Planet leuchtet, geht die Verdichtung des Satelliten sehr langsam vor, indem dieser bei allmäliger Verkleinerung seiner Atmosphäre dem Lichte näher treten darf. Indem die Einwirkung seines nähern Zentralfeuers sich vermehrt, wird die Abkühlung in unbestimmte Ferne verschoben. Erst wenn seine Planetenlampe auslöscht, geht der Satellit rasch seiner Erstarrung entgegen. Wenn also die Jupitertrabanten absolut viel

älter sind als unser Erdmond, so konnte ihre eigentlich selenitische Natur erst mit dem geotischen Zustand ihres Planeten zu Tage treten. Nun ist ausser Zweifel, dass Jupiter trotz seines viel höhern Alters noch Aeonen lang am Himmel leuchtete, als die Erde schon zu den dunkeln Gebilden übergetreten war. Also hat die eigentliche Erstarrungsperiode der Jupitertrabanten viel später begonnen als bei unserm Monde. Aus demselben Grunde und mit grösserm Recht kann man behaupten, dass die Trabanten Neptuns viel später sich verdichten als diejenigen des Uranus, und diese wieder viel später als diejenigen Saturns, und die letztern später als die Jupitertrabanten.

234. Dasselbe, Planetoiden, Erde. Die Planetoiden sind nicht die Trümmer eines früher verunglückten Hauptplaneten, sondern die naturgemässen Sprösslinge der Sonne, welche in einer verhältnismässig späten Zeit der Planetenbildung entstanden sind und den Uebergang zwischen den Mittelplaneten und den Kometen bilden. Ihre Stellung zeigt die Verdichtungsstufe deutlich genug an. Nach Massgabe ihrer Kleinheit werden sie ihre Verdichtung verhältnismässig schnell vollziehen und die Sonnennähe aufsuchen. Wie schon bemerkt, muss im Laufe der nahen Zukunft diese Wanderung, dieses Defiliren an den Mittelplaneten vorbei stattfinden und zwar ohne störende Kollisionen. Diese Erscheinungen werden nicht der Schrecken, sondern die Freude unserer Urenkel sein. Und wenn auch durch besondere Umstände ein Zwergplanet seine Selbständigkeit opfern und Vasallendienste bei einem grössern Planeten oder dem Monde leisten muss, so kann es einstweilen ihm und dem Ganzen nur frommen; denn die Natur hat vorgesorgt.

Hätte unser Mond eine Atmosphäre gleich derjenigen der Erde, so müsste auch ein Anhänger Newton's und Laplace's zugeben, dass sich darin in einem Sonnentag von 14 vollen Erdentagen eine Wärme oder eine Spannung von vielen Millionen Pferdekräften entwickeln müsste, wodurch die Bahnelemente entsprechend umgestaltet würden.

Könnte die Erde ihre feste Schale ablegen und nur den glühenden Kern und den jetzigen Dunstkreis beibehalten, so würde sie eine aüsserst schnelle Achsendrehung erhalten und von der Einwirkung der Sonnenstrahlen in die Region der aüssern Planeten abgestossen. Würde aber durch ausserordentliche Kälte oder durch

ein chemisches Mittel der Hauptteil der jetzigen Atmosphäre der Erde an den Kern gebunden, so könnte und müsste unser Planet eine langsamere Achsendrehung einleiten und unter Umständen über den Merkur hinaus sich der Sonne nähern.

Offenbar ist unser Sonnensystem schon lange und noch lange im Stadium der Verdichtung. Die Sonnenatmosphäre ist aber viel grösser, als man gewöhnlich glaubt, und die aüssern Planeten sind noch weit zurück in ihrer Verdichtung. Kein irdischer Verstand kann jene ferne Zukunft genau ermessen, wo die Sonne ihr Licht auslöschen muss, und die Planeten sich um sie scharen, um mit jedem Rundgang um den Hauptkörper eine Achsendrehung auszuführen. Das Feuer soll, nach unsern religiösen Ueberlieferungen, die auf das ptolemäische Weltsystem sich stützen, das Agens sein, das den Weltuntergang veranlasst. Doch nein, das jetzige Sonnensystem wird aller Wahrscheinlichkeit nach durch die Kälte erstarren, alle Glieder der grossen Familie werden sich an den Schoss der Sonne anschmiegen; aber nicht untergehen, sondern abwarten, bis der Ruf: Es werde! eine neue Lockerungsperiode einleitet.

235. Newton's Veranlassung zur Massenschwere. Newton nahm an, die Erdmasse bewirke den Fall der Körper und wollte untersuchen, ob sie auch den Rundgang des Mondes bewirke.

Hörte die Schwerkraft plötzlich auf, schloss er, so würde der Mond mit der gewonnenen Geschwindigkeit sich in der Richtung der Tangente seiner Bahn fortbewegen. Da aber die Schwerkraft ihn immer beherrscht, so muss sie ihn derart herbeiziehen, dass er nicht die Tangente, sondern die Peripherie oder Ellipse beschreibt. Zieht die Erde den Mond so viel, genau so viel gegen sich? Der Mond ist etwa 60 Erdhalbmesser von uns entfernt, also wäre daselbst die Anziehung $60^2 = 3600$ mal geringer als bei uns. Da der beschleunigte Fall auf dem Erdäquator 9780 mm beträgt, so würde er in der Entfernung des Mondes $= 9780 : 3600 = 2{,}72$ mm betragen.

Oder man sucht die Grösse der beschleunigenden Kraft, welche den Mond der Erde zutreibt, aus dem Halbmesser der Bahn und aus der Umlaufszeit, nach der Formel

$$v = \frac{4\pi^2 R}{T^2} = \frac{2\pi R \cdot 2\pi}{T^2}$$

Der Umfang der Erde ist 40 Millionen m, also der Umfang der Mondbahn, oder obige $2 \pi R = 40 \times 60$ oder 2400 Millionen m. Diesen Weg legt der Mond in 27 Tagen 7 Stunden 4 Minuten oder 2360580 Sekunden zurück. Also erhält man

$$v = \frac{2400000000 \times 2 \times 3{,}14}{2360580^2} = 0{,}00276.$$

Die kleine Differenz zwischen 2,72 und 2,76 mm rührt nur daher, dass man für die Entfernung und Umlaufszeit des Mondes Näherungswerte in Rechnung gebracht hat.

Newton hatte zuerst einen zu kleinen Wert für den Erdhalbmesser gesetzt und fand demnach die vermutete Uebereinstimmung nicht. Er gab die Theorie auf und liess den Gegenstand fallen. Nach 12 Jahren, es war im Juni 1682, erhielt er Kunde von der Gradmessung Picard's, welche den Erddurchmesser um $^1/_7$ grösser ergab, als man ihn bisher angenommen hatte. Newton nahm die frühere Rechnung wieder auf und hatte die Freude, seine schon aufgegebene Theorie aufs schönste bestätigt zu sehen.

Das ist die Auseinandersetzung dieses Punktes, wie man sie in jedem Lehrbuch findet. Aber die Uebereinstimmung, von der man so viel Wesens macht, rührt einfach daher, dass man behauptet: Die auf den Mond ausgeübte Einwirkung der Erde ist so gross wie die Fliehkraft. Dieser Satz glaubt für eine geschlossene Bahn wohl jedes Kind; jeder Aufwand von mathematischem Scharfsinn ist dabei überflüssig; aber auch die Probe dieser Rechnung ist illusorisch.

Setze ich bei der Formel in Nr. 208 den 2. Ausdruck dem 4. gleich, so ergibt sich

$$P \cdot \frac{f}{g} = P \cdot \frac{4 \pi^2 R}{g T^2} \quad \text{oder}$$

$$f = \frac{4 \pi^2 R}{T^2}$$

Also wird die Fliehkraft dem beschleunigten Fall gleichgesetzt. Wenn nun keine groben Verstösse gemacht werden, d. h. wenn für jeden Ausdruck der richtige Wert gesetzt wird, so muss die Sache auch klappen, wenn keine Massenanziehung besteht; denn die Bewegung der Aetherschichten, in der Hauptsache das 3. keplersche Gesetz, ist eigentlich in verkappter Form dahinter. Und wenn man der Sache auf den eigentlichen Grund geht, so findet

man dahinter folgendes allgemeine Gesetz der neuen Lehre: Die Schnelligkeit im Rundgang eines Nebenkörpers wird nicht von der Masse seines Hauptkörpers bedingt, sondern lediglich von der Schnelligkeit der Achsendrehung des Hauptkörpers und der Entfernung des Nebenkörpers, nach der Formel

$$g = 4\,\pi^2\,\frac{R^3}{T^2}.$$

Betrachten wir nach Nr. 48 und 49 den Gang der Schlüsse, so finden wir im Gegenteil, dass Newton im Anfang seines Weltsystems von den bekannten Tatsachen der Rundgänge der Trabantensysteme und der Planeten auf den Mond und auf das Gewicht der Erde überging, weswegen seine Massenanziehung mit den bekannten Erscheinungen übereinstimmen musste, wenn sie theoretisch auch ganz falsch war, was schon in Nr. 177 hervorgehoben wurde.

Ich berühre diesen Punkt noch besonders, um den Bann zu lösen, welcher bisanhin wegen dieser Grundlage über die Entfernung der Erde von Sonne und Mond gelegt war.

Kapitel 7.

Achsenstellung und Exzentrizität der Weltkörper.

236. Achsenstellung der Planeten. Kopernikus fand nicht nur, dass die Erde sich um ihre Achse drehe, sondern auch, dass diese Achse nicht senkrecht auf ihrer Bahn stehe. Warum das so ist, hat noch Niemand in den Bereich der Untersuchungen gezogen.

Es ist klar, dass die Achsen der Planeten senkrecht oder beinahe senkrecht auf ihren Bahnebenen stehen müssten, wenn ihre Oberfläche oder überhaupt derjenige Teil, welcher von der Sonnenwärme bearbeitet wird, durchweg so gleichartig und gleichempfänglich für die Sonnenwärme wäre, dass bei ihren Rundgängen um die Sonne und bei ihren Achsendrehungen zu jeder Zeit auf den beiden polaren Seiten der sonnenbeschienenen Hälfte vollständiges Gleichgewicht in der entwickelten Wärme herrschte.

Wenn aber auf der Oberfläche oder im wirksamen Teil der Atmosphäre Verschiedenheiten in der Erwärmung vorkommen, so muss das Gleichgewicht der polaren Halbkugeln gestört werden. Das geschieht einerseits, indem die Erwärmungsfähigkeit der nördlichen oder südlichen Halbkugel ungleich ist oder das Sonnenlicht in verschieden hohe und verschieden erwärmungsfähige Schichten des Dunstkreises eindringt. Letzteres ist besonders der Fall bei denjenigen Planeten, welche eine für das Sonnenlicht nicht vollständig durchdringbare Atmosphäre besitzen.

Ersteres wird bei Planeten vorkommen, die wie die Erde ungleiche Verteilung von Land und Meer, von Tief- und Hochland, von vulkanischen Herden u. dgl. auf der südlichen und nördlichen Halbkugel zeigen. Dadurch wird die eine dieser Halbkugeln stärker erwärmt als die andere, ihr Pol wird durch die abstossende Wärme der Sonne verschoben, so dass die Achse nicht mehr senkrecht auf der Bahnebene stehen kann.

Die Erde wird z. B. in ihrem jetzigen Zustand auf der nördlichen, vorwiegend kontinentalen Halbkugel mehr Wärme erzeugen als auf der südlichen mit vorzugsweise ozeanischem Charakter. Die Folge davon war die Ablenkung der Erdachse um 23° 28′ von ihrer senkrechten Stellung zur Bahn, wodurch die südliche Halbkugel im nördlichen Winter begünstigt und das allgemeine Gleichgewicht der Wärmeentwicklung für die beiden Halbkugeln für eine Zeit lang hergestellt wurde.

Aendert sich im Laufe der Zeiten das Verhältnis von Land und Meer, von Wüsten und Sümpfen, von heissen Wind- oder Meeresströmungen, überhaupt die Erwärmungsfähigkeit grosser Flächen, so muss mit dem ändernden Wärmefaktor auch die Achse eine andere Stellung annehmen. Oder im Laufe der Zeiten kann sich das Verhältnis der Intensität des Sonnenlichtes mit dem betreffenden Sonnenabstand oder die Erwärmungsfähigkeit der Atmosphäre eines Planeten ändern, und die Achsenstellung wird demgemäss geregelt.

Im Fernern ist zu bemerken, dass eine einmalige Aenderung der Achsenstellung mehr Schwierigkeiten darbietet, als man auf den ersten Blick meint, und von ausserordentlichen Umständen begleitet werden muss. Auch kann eine stattgefundene Aenderung nicht lange genügen, ja sogar ins Gegenteil umschlagen. Immerhin ist nicht zu vergessen, dass die Achsenstellung sich nicht von

heute auf morgen, sondern allmälig in dem genetischen Verdichtungsprozess des Planeten einfindet, und dass sie durch einen zweiten Faktor geregelt und ausgeglichen wird.

237. Exzentrizität der Planetenbahnen. Das erste keplersche Gesetz lautet: Jeder Planet beschreibt eine Ellipse, in deren Brennpunkt die Sonne steht. Warum? Darnach ist bis zur Stunde wenig gefragt worden.

Wirklich beträgt die Exzentrizität bei Merkur 0,206; Venus 0,007; Erde 0,017; Mars 0,093; Jupiter 0,048; Saturn 0,056; Uranus 0,46; Neptun 0,008 der halben grossen Achse der Bahnen.

In Folge der Exzentrizität ist die Sonne nicht das ganze Jahr gleich weit von uns entfernt und erscheint uns nicht immer gleich gross. Der grösste scheinbare Durchmesser der Sonne beträgt (am 31. Dezember) 32′ 35,6″; der kleinste (am 1. Juli) 31′ 31,0″. Also verhält sich die grösste zur mittlern und zur kleinsten Sonnenentfernung = 1,01679 : 1,00000 ; 0,98321.

Ueber den Grund dieser Erscheinung schweigen alle bisherigen Theorien. — Der Planet hat also durch Sonneneinfluss auf seiner Oberfläche eine Wärme entwickelt, die ihn zur Achsendrehung zwingt. Die sich ergebende Wärme musste auf den beiden polaren Halbkugeln mehr oder weniger ungleich ausfallen, besonders wenn der Sonneneinfluss gross war. Es ergab sich eine Aenderung in der Stellung der Achse, wodurch die Jahreszeiten, grosse, periodische Wärmeschwankungen innerhalb der Umlaufszeit eintraten. Nun ist z. B. nach der physischen Beschaffenheit der beiden Polarhalbkugeln im nördlichen Winter die Erdachse so gegen die Sonne gestellt, dass ihr Nordpol gar nie und der Südpol unaufhörlich beschienen wird und dass überhaupt die südliche Halbkugel stärker erwärmt wird als die nördliche.

Da die Erde, ähnlich dem rotirenden, schief gestellten Kreisel dieselbe absolute Achsenstellung beibehält, also während einer Umlaufszeit immer parallel zu ihrer ursprünglichen Achsenstellung verbleibt, so wird sie in der andern Hälfte ihrer Bahn die entstandene Ungleichheit in der Erwärmung der Halbkugeln wieder gutmachen. Ja, da die nördliche Halbkugel für die Wärme viel empfänglicher ist, und im nördlichen Sommer die Sonnenstrahlen bis auf 23° Nordbreite senkrecht auffallen, so wird der ursprüngliche Unterschied in der Wärme beider Halbkugeln nicht nur nicht

ausgeglichen, sondern noch bedeutend vermehrt. Die schon bevorzugte Halbkugel wird durch längere Tage und günstigere Sonnenstellung ausserordentlich erwärmt; die südliche Halbkugel, welche für die Wärme viel weniger empfänglich ist, wird durch kürzere Tage und ungünstige Sonnenstellung noch viel weniger erwärmt. Im nördlichen Sommer wird also die Hitze auf der nördlichen Halbkugel und die Kälte auf der südlichen extrem.

Das Umgekehrte findet im nördlichen Winter statt. Dabei ergibt sich für denselben eine bedeutende Abnahme der Erdwärme in ihrer Gesamtheit und im nördlichen Sommer eine bedeutende Zunahme dieser Erdwärme. Im ersten Fall werden eben die Zonen von der Sonne bevorzugt, welche für die allgemeine Wärmeentwicklung ungünstig sind. Die ganze Erde erleidet also einen Ausfall an Wärme. Im andern Falle treffen die Sonnenstrahlen viel mehr Land als Wasser, ausgedehnte Wüsten u. s. w., so dass die gesamte Erdwärme notwendig ihren Höhepunkt erreicht. Wirklich ist die höchste Isotherme des Januar 26 ^{0}, die höchste Isotherme des Juli 30 ^{0}.

Was ist nun die notwendige Folge dieses Wärmeunterschiedes unserer Erde? — Eine verschiedene Entfernung von der Sonne. Wie die einzelnen Planeten nach der Wärmeempfänglichkeit ihrer Atmosphären ungleich weit von der Sonne abstehen, so müssen die einzelnen Planeten in ihren wärmern und kältern Perioden weiter und näher von der Sonne zu stehen kommen.

Wenn die Erde in unserm Winter in ihrer Gesamtheit weniger erwärmt wird, so kann sie der Sonne näher treten und erreicht ihre Sonnennähe oder das Perihel. Im andern Halbjahr wird die Erde ausserordentlich erwärmt, es wird ihr eine grössere Ehrfurchtsentfernung vom Zentralfeuer angewiesen, sie kommt in die Sonnenferne oder ins Aphel.

Bei der Erde ist der Unterschied zwischen Sonnennähe und Sonnenferne beinahe $^1/_{30}$ ihres mittlern Sonnenabstandes. Man ersieht leicht aus dem Vorhergehenden, warum die Sonnennähe in unsern Winter und die Sonnenferne in unsern Sommer fällt. Warum diese extremen Distanzen nicht mit den Solstitien zusammenfallen, sondern um 10 Tage später eintreffen, oder wie man gewöhnlich sagt, die Absidenlinie einen Winkel von 10 ^{0} mit der Richtung der Solstitialpunkte macht, ist auf die bekannte Tatsache zurück-

zuführen, dass die grösste Winterkälte oder Sommerwärme erst nach den Solstitien eintritt.

238. Verschiedenheit des Rundganges in Perihel und Aphel, die keplerschen Gesetze. Ich habe weiter oben den Satz entwickelt, dass die Umlaufszeiten der Planeten unabhängig von ihrem ersten Anstoss seien, dass dagegen einerseits ihre Entfernung vom Zentralkörper von ihrer Erwärmungsfähigkeit bedingt sei, welche der Abstossung von Seite dieses Zentralkörpers entspreche, und dass anderseits mit einer gegebenen Entfernung die Umlaufszeit eng zusammenhange.

Daraus folgt im Fernern: Wenn ein Planet in der Sonnennähe ist, so muss er sich schneller in seiner Bahn fortbewegen, als wenn er in der Sonnenferne ist, indem offenbar die extremen Aetherschichten, innert welchen er sich bewegt oder passiv mitschwimmt, eine verschiedene Geschwindigkeit haben.

Wie viel dieser Unterschied in der Geschwindigkeit des Planeten auf seinem Rundgang bei Sonnennähe und Sonnenferne beträgt, drückt das 2. keplersche Gesetz aus: Die Leitstrahlen eines rotirenden Weltkörpers beschreiben in gleichen Zeiten gleiche Flächen. Das 3. keplersche Gesetz handelt von den Umlaufszeiten der Planeten und lautet also: Die Quadrate der Umlaufszeiten zweier Planeten verhalten sich wie die Würfel der mittlern Sonnenabstände.

Wenn man nun von der Anschauung der rotirenden Aetherschichten ausgeht, welche die darin schwimmenden Weltkörper mitreissen, wie beim Rundgang der Planeten entwickelt worden ist, so leuchtet ein, dass für die Sonnennähe und Sonnenferne ebenso gut das 3. wie das 2. keplersche Gesetz angewendet werden kann. Es ist natürlich auffallend, dass die beiden Gesetze, welche im vorliegenden Falle für eine und dieselbe Bewegung in Anspruch genommen werden können, nicht übereinstimmen.

Im Anschluss an die in Nr. 135 mitgeteilte Stelle fährt Littrow fort: Das 3. keplersche Gesetz drückt den eigentlichen Charakter aus, durch welchen alle Glieder zu einem besondern Staate verbunden werden; es sind die Familienzüge. Es lehrt, dass die Ursache der Bewegung in der Sonne ihren Sitz hat und für alle Planeten dieselbe Kraft ist, die nur durch die Distanzen

modifizirt wird; aber unabhängig bleibt von den Stoffen, aus denen die Weltkörper selbst bestehen mögen.

So weit bleibt Littrow ganz auf der richtigen Fährte, weil er die Sonne als die treibende Kraft erkennt. Da er sich aber darin irrt, dass er die Masse der Sonne und nicht ihre Wärmestrahlung für die wirksame Kraft hält, so fährt er unrichtig fort: Diese Kraft muss verschieden sein von der magnetischen, elektrischen und chemischen. Würde z. B. unsere Erde durch irgend eine Macht plötzlich in die Region Jupiters geführt und dort dieselbe Richtung und Geschwindigkeit wie jener Planet (also immer und immer wieder jener erste Anstoss) erhalten, so würde sie auch fortan in derselben Zeit und in derselben Bahn wie Jupiter selbst um die Sonne laufen.

239. Beziehungen zwischen Achsenstellung und Exzentrizität. Achsenstellung und Exzentrizität sind verwickelter, als dass sie in einem kurzen Artikel erschöpfend beleuchtet werden könnten. Einstweilen hat die neue Lehre die Sätze aufgestellt, dass die Achsenstellung der Planeten sich nach dem Wärmeeinfluss der Sonne auf ihre polaren Halbkugeln richte, und dass diejenige polare Halbkugel, welche für die Sonnenstrahlen empfänglicher ist, zu ihrer Sommerszeit die Sonnenferne bewirke.

Während also die Achsenstellung der Planeten in Allgemeinen auf das Verhältnis führt, in welchem an den Tag- und Nachtgleichen die polaren Halbkugeln sich betreffend Wärmeentwicklung verhalten, so gibt uns die Exzentrizität das Mittel, das relative und absolute Mass der Wärme zu bestimmen, das in zwei extremen, halben Umlaüfen auf einem Planet sich entwickelt, natürlich unter Berücksichtigung des Einflusses der Sonne bei ihrer jeweiligen Entfernung.

Kennen wir nämlich die mittlere Temperatur der Erde für unsern Sommer und für unsern Winter, so können wir auf die absolute Wärme im Dunstkreise sämtlicher Planeten und der Sonne schliessen und müssen uns nicht mehr mit Würfen ins Blaue begnügen.

Die Erde hat ungefähr dreimal so viel Festland auf der nördlichen Halbkugel als auf der südlichen. Wäre sie von 0° bis 40° Nordbreite auschliesslich mit Festland und von 0° bis 40° Südbreite ausschliesslich mit Meer bedeckt, so müsste bei übrigens

gleichen Verhältnissen die Neigung der Achse und die Exzentrizität noch grösser sein. Letztere würde vermindert, wenn das Verhältnis zwischen Land und Wasser auf die Hälfte herabsänke, das Verhältnis zwischen dem Festlande der nördlichen und demjenigen der südlichen Halbkugel aber das jetzige verbliebe. Die Achse würde beinahe senkrecht auf der Bahnebene stehen, wenn zu beiden Seiten des Aequators ein ansehnlicher Gürtel Festland vorhanden wäre.

Die Stellung der Erdachse zur Erdbahn wird gewöhnlich unter dem Namen Schiefe der Ekliptik bezeichnet. Diese schwankt je nach grössern und kleinern Perioden. Die jährlichen Schwankungen sind kleiner in den Solstitien und grösser in den Aequinoktien. Diese Tatsache scheint geeignet, die neue Lehre auf die Probe zu stellen. Wir wollen es versuchen. Ausser den grossen Momenten, welche die ungleiche Erwärmung der beiden polaren Erdhälften bedingen, gibt es eine Menge kleinerer, die einen etwelchen Unterschied im mittlern Gange der Temperatur hervorbringen und die als Schwankungen der Erdachse zu Tage treten müssen. Wenn z. B. ein grosser Teil Europas, wie uns die Witterungsberichte melden, tage- oder wochenlang Sonnenschein oder Regen hat, mit andern Worten, wenn die Sonne auf die Oberfläche und die untern Luftschichten oder nur auf die mittlern Luftschichten ihren Einfluss ausüben kann, so muss ein bedeutender Unterschied in der allgemeinen Erwärmung dieses Erdteils stattfinden. Der bedeutende Ueberschuss oder Ausfall in der normalen Wärmemenge dieses Erdteils hat einen Einfluss auf das Gleichgewicht in der Wärme der ganzen Erde und muss eine merkliche Veränderung in der Stellung der Erde, also entweder in der Schiefe der Ekliptik oder in der Exzentrizität hervorbringen. In den Solstitien wird nun die aussergewöhnliche Wärme der Erde direkt durch den Sonnenabstand ausgeglichen. Die Erde muss dannzumal täglich der Sonne um eine bedeutende Strecke näher oder ferner treten und das aussergewöhnliche Betreffnis kommt als kleinerer oder grösserer Sonnenabstand zur Geltung. Wenn aber in den Aequinoktien die Sonnenentfernung der Erde viele Tage nach einander sich ziemlich gleich bleibt, so können aussergewöhnliche Wärmedifferenzen der polaren Halbkugeln nicht leicht durch veränderten Abstand, sondern durch die Schwankungen der Erdachse ihren Ausdruck finden.

Am 31. Dezember kommt die Erde um 61, am 1. Juli um 57 Bogenminuten in ihrer Rundbahn vorwärts. Folge davon ist, dass die wahren Sonnentage und die wahren Jahreszeiten ungleich lang werden. Die Erde durchschreitet in 179 Tagen die Bahnhälfte ihrer Sonnennähe und in 186 Tagen diejenige ihrer Sonnenferne. Der nördliche Herbst und Winter sind also 7 Tage kürzer als ihr Frühling und Sommer oder als der südliche Herbst und Winter. Damit hängt auch der Unterschied von wahrer und mittlerer Zeit zusammen. Die 4 Tage, an welchen dieser Unterschied dahinfällt, oder die Zeitgleichung Null ist, sind der 15. April, der 15. Juli, der 1. September und der 25. Dezember. Sonst erreicht die Zeitgleichung ein Maximum an folgenden Tagen: Anfang Februar + 15 Minuten, Mitte Mai — 4 Minuten, Ende Juli + 6 Minuten, Anfang November — 16 Minuten.

Bei dieser Gelegenheit stelle ich die Frage auf: Ist es gedenkbar, dass die Schiefe der Ekliptik auf der Erde bedeutend zu- oder abnähme, ohne dass die Exzentrizität entsprechend vermehrt oder vermindert würde? Ich verneine keck die Frage für den jetzigen Zustand der Erde. Würde aber die Erde die Hälfte der Atmosphäre einbüssen, so erhielte sie einen kleinern Sonnenabstand. Dabei würde die Intensität des Sonnenlichtes verstärkt, der Unterschied der Zonen schärfer markirt und bei übrigens gleichen Verhältnissen würde die Schiefe der Ekliptik vergrössert und die Exzentrizität verkleinert. Die erste Behauptung liegt auf flacher Hand; die zweite bedarf aber einer nähern Begründung. Gesetzt, Erde und Merkur hätten dieselbe Exzentrizität, so wären ihre Sonnennähe und Sonnenferne im gleichen einfachen Verhältnis; aber der Einfluss des Sonnenlichtes in ihrer jeweiligen Sonnennähe und Sonnenferne steht im umgekehrten Verhältnis der Quadrate ihrer respektiven Sonnenabstände. Könnten wir aber über eine genügende Hitze verfügen, welche das ganze Weltmeer unsers Planeten in den Dunstkreis triebe, so würde die Erde gegen den Mars getrieben. Der Unterschied in der Wärme der Zonen müsste kleiner sein, die Sonnenstrahlen würden weniger auf die Oberfläche gelangen. Der frühere Zonenunterschied würde grösstenteils dahinfallen und die Schiefe der Ekliptik sich bedeutend vermindern. Dabei würde sich analog dem Vorhergehenden ergeben, dass mit einer gewissen Schiefe der Ekliptik eine grössere Exzentrizität der Bahn verbunden sein könnte, weil der Sonnen-

einfluss nicht im umgekehrten Verhältnis des einfachen Sonnenabstandes, sondern im umgekehrten Verhältnis der Würfel ihres Sonnenabstandes abnimmt.

Aehnliche Ergebnisse liefern die frühern geologischen Weltalter. Versetzt man sich in eine Zeit zurück, wo unser Weltmeer noch in der Atmosphäre schwebte und der Blick der Sonne noch nicht auf den eigentlichen Kern drang, so ersieht man, dass dannzumal die innere Wärme der Erde noch keine besondern Wärmezonen aufkommen liess, die Schiefe der Ekliptik unbedeutend ausfiel, während mit dem grössern Sonnenabstande noch eine bedeutende Exzentrizität verbunden sein konnte.

240. Allmälige Veränderungen in der Schiefe der Ekliptik und in der Exzentrizität der Erdbahn. Laplace kennt nur ein unveränderliches Weltall. So wie Aenderungen in den wesentlichen Momenten eintreten, wird durch eine erkünstelte Formel die periodische Zu- und Abnahme bewiesen. Wer auf die Axiome baut, welche einen unveränderten Bestand der Weltordnung u. dgl. annehmen, der kommt endlich in seinen Folgerungen wieder auf diese Grundlage zurück und hält sie schliesslich für bewiesen.

Wer aber mit unbefangenem Auge die Veränderungen an Sonne, Mond und Sterne (mit Einschluss des historischen Materials) wahrnimmt, einen Blick in die verschiedenen Erdschichten wirft und seine eigene Entwicklung nicht verleugnet, der findet im Gegenteil stete Veränderungen, welche den kleinen oder grossen Zeitlaüften und der Natur des fraglichen Gegenstandes entsprechen. Bald misst man diese Veränderungen nach Augenblicken, bald nach Tagen, Monaten und Jahren, bald nach geologischen Weltaltern, bald nach der Verdichtung ganzer Sonnensysteme. Der Naturforscher anerkennt keine Unveränderlichkeit, weder für Vergangenheit, noch für Zukunft, weder im Kleinen noch im Grossen; weder für die Pflanze noch für die Erdscholle, weder für den Weltkörper noch für ganze Sonnensysteme.

Die Schiefe der Ekliptik wurde in verschiedenen Zeiten folgendermassen bestimmt.

Jahr.	Astronom.	Grösse.
—1100	Tscheu Kong	23° 52′ 0″
— 360	Pytheas	23 49 23

Jahr.	Astronom.	Grösse.		
— 250	Eratosthenes	23°	51′	20″
+ 830	Almamum (Bagdad)	23	33	0
	(Damaskus)	23	33	52
1000	Ebn Junis	23	34	26
1280	Koschu King (China)	23	32	2
1437	Ulug Beigh	23	31	48
1540	Kopernikus	23	28	8
1595	Tycho	23	29	25
1691	Flamsteed	23	28	32
1750	Bradlay	23	28	18
1756	Mayer	23	28	16
1801	Laplace	23	27	57
1830	Littrow	23	27	40

Man ersieht aus dieser Zusammenstellung, dass die Schiefe der Ekliptik in 3 Jahrtausenden etwa 25 Minuten abgenommen hat. Auch die Exzentrizität unserer Erde hat seit den ältesten Zeiten ebenfalls abgenommen, und zwar im Jahrhundert etwa um 0,00004299.

Weitere Angaben über die Schiefe der Ekliptik sind in Nr. 80.

Die dritte Grösse, die bei der Bestimmung der Bahnen mit in Anschlag kommt, ist die grosse Achse. Laplace hat, wie früher erwähnt, nach seiner Weise bewiesen: Welche Störungen auch die Planeten erleiden, so können ihre grossen Bahnachsen nie und nimmer geändert werden. Der Beweis beruht aber auf Irrtümern, welche ich früher ausführlich behandelt habe; die Planetoiden haben ihn übrigens Lügen gestraft.

Lagrange hat Untersuchungen angestellt über die Exzentrizität der Erdbahn und ist auch zu dem Schluss gekommen, dass sie nach vielen Jahrtausenden wieder zunehmen müsse und nie die engen Grenzen überschreiten könne, welche ihrer Aenderung gesetzt seien. Allein die Weltkörper sind an keine enge Schranken gebunden, welche ihnen menschliche Vorsicht andichtet.

Solche vermeintliche und erkünstelte Beweise für die Stabilität unsers Sonnensystems hatten seinerzeit einen Wert; es waren Beruhigungspülverchen für Leute, die Furcht vor Kometen, vor einer Sündflut, vor einem Weltuntergang u. dgl. hatten. Jetzt ist es aber an der Zeit, diese falschen Lehren zu bekämpfen,

welche ganze Abteilungen der Naturforschung lahmgelegt haben, die sonst entwicklungsfähig gewesen wären. Nichts ist eben der Wahrheit hinderlicher als ein alter Irrtum.

Es zeigen sich Schwankungen in der allgemeinen Wärme unsers Planeten; sie beruhen auf wesentlichen und zufälligen Ursachen. Obige Uebersicht gibt uns ein klares Bild von der langsamen Aenderung an den Influenzen der Wärme in 3000 Jahren. Es kann eine etwelche Aenderung auf der Sonne, unserer wichtigtigsten Wärmequelle, stattfinden, oder auf der Erde durch vulkanische Ausbrüche, Hebungen und Senkungen eine Verminderung oder Vermehrung der Wärmeempfänglichkeit eintreten. Damit ist also nicht ausgeschlossen, dass die Schiefe der Ekliptik oder die Exzentrizität der Erdbahn in gewissen Perioden zunehmen könne. Was aber unaufhörlich wirkt und fortwährend die Wärme unserer Erde vermindert, das ist der Einfluss des kalten Weltenraums. Die Folge davon ist im grossen Ganzen eine einseitige Aenderung ihrer Bahnelemente. Diese Aenderung ist allmälig, wie es die obige Uebersicht weist; aber sie ist stetig und unaufhaltsam.

Wenn man sich einmal dieses Abkühlungsprozesses der Weltkörper klar bewusst ist, so wird man eine wunderbare Uebereinstimmung der bezüglichen Erscheinungen finden. Die Planetoiden werden den Bann zuerst heben und die Frage endgültig lösen.

241. Rangstellung, Achsenstellung und Exzentrizität der Satelliten. Es versteht sich von selbst, dass die leitenden Gedanken über Rangstellung, Achsenstellung und Exzentrizität der Planeten auch auf die Satelliten passen. Immerhin ergeben sich aus der Doppelstellung der Satelliten noch einige neue und interessante Gesichtspunkte.

Was den Abstand des Mondes von der Erde betrifft, so zeigt er, dass die Eigenwärme dieser zwei Weltkörper auf bedeutende Entfernung wirksam ist, während anderseits die Sonne so zu sagen keinen Wärmeeinfluss auf den Mond ausübt. Letzteres hat seinen Grund in der Unempfänglichkeit der Mondatmosphäre für die Wärmestrahlung der Sonne. Ersteres lässt erkennen, dass die beiden Wärmemagazine, für welche Erde und Mond angesehen werden können, in grosse Entfernung auf einander wirken. Diese Wirksamkeit wurde bisher nie in Betracht gezogen und muss der besondern Aufmerksamkeit der Beobachter empfohlen werden.

Was die Rangstellung der verschiedenen Satelliten desselben Planeten betrifft, so muss sie denselben Gesetzen folgen, wie diejenige der Planeten um die Sonne, d. h. diejenigen Satelliten, welche in der Verdichtung am meisten vorgeschritten sind, stehen dem Hauptkörper zunächst.

Der Mond hat also einen bestimmten Abstand von der Erde, welcher von der Temperatur dieser beiden Weltkörper herrührt. Ferner hat er einen Rundgang, welcher eine Folge von der Achsendrehung der Erde ist. Die Dauer dieses Rundganges ist bedingt von der Dauer der Achsendrehung unserer Erde und von der Entfernung des Mondes von der Erde. Da der Mond einen Rundgang macht um die Erde, während diese selbst sich an einem Rundgang um die Sonne beteiligt, so veranlassen die sich daraus für den Mond ergebenden Bewegungen eine Kykloide oder Radlinie des Mondes um die Erde. Und da die Sonnenwärme auf die Atmosphäre des Mondes keinen merklichen Einfluss ausübt, so fällt genau mit dem Rundgang dieses Nebenkörpers auch eine Achsendrehung zusammen. Betrachtet man diese 3 Bewegungen einzeln, so beschreibt in der Sekunde der Mond als Anteil an dem Rundgang der Erde um die Sonne etwa 29 km, als Rundgang um die Erde etwa 1 km, und ein Punkt seines Aequators als Anteil an der Achsendrehung etwa 4,5 m (mittlere Geschwindigkeit eines Dampfschiffes). Diese 3 Bewegungen verhalten sich

$$= 29000 : 1000 : 4{,}5$$
$$= 6444 : 222 : 1$$
$$= 29 : 1 : 0{,}0045.$$

Diese Verhältnisse beweisen sehr deutlich, dass der Einfluss, welcher von der Sonne herrührt, viel grösser ist, als derjenige der Erde und nicht umgekehrt, wie die newtonische Lehre mit sich bringt.

Vom ersten bis zum letzten Viertel beschreibt der Mond den aüssern Teil seiner Radlinie, etwa 5176700 geographische Meilen (auf der blossen Erdbahn gemessen); und vom letzten zum ersten Viertel den innern Teil derselben, etwa 4968700 g. Meilen.

Wie verhalten sich nun die zwei den Mondlauf beeinflussenden Aetherstrudel der Richtung zu einander? — Es ist klar, dass der von der Erde verursachte Strudel auf die gegen die Sonne gerichtete, also innere Seite dem Sonnenstrudel zuwiderlaüft und auf der aüssern Seite mit dem Sonnenstrudel sich vereinigt. Daraus

ergibt sich für den jeweiligen Mondort, dass um den Neumond die beiden Strudel entgegengesetzt und um den Vollmond übereinstimmend sind, und im ersten Falle der Mond die kleinste absolute Bewegung und im letztern Falle die grösste Bewegung hat, und dass ferner für die übrigen Zeiten die mannigfaltigsten Uebergänge aus dem Vorherrschen des einen bis zum Vorherrschen des andern Strudels stattfinden.

Wir Erdenbewohner beziehen den Wandel der Sterne auf den Himmelsäquator, welcher von der Achsendrehung der Erde bestimmt wird, während für die Bewegung der Sonne und der Planeten die Ekliptik weit wichtiger und übereinstimmender ist. Aus der Beobachtung der Sonnenflecken hat sich ergeben, dass die Sonnenachse unter einem Winkel von ungefähr $82\frac{1}{2}{}^{0}$ gegen die Erdbahn geneigt ist, oder dass die Ebene des Sonnenäquators gegen die Erdbahn eine Neigung von $7\frac{1}{2}{}^{0}$ hat. Denken wir uns die 2 Bewegungen des Mondes zerlegt, welche von den Strudeln seiner beiden Hauptkörpern herrühren, so finden wir, dass der Mond zuerst 29 km in der Ebene der Ekliptik, hierauf 1 km in der Ebene des Erdäquators fortbewegt wird, und dass das Betreffnis seiner eigenen Achsendrehung vorzugsweise in der letztern Ebene stattfinden muss, immerhin mit Berücksichtigung der Abweichungen, welche mit der Entfernung des nähern Hauptkörpers und der Verschiedenheit der Strudel seiner beiden Hauptkörper zusammenhängen.

Da der Einfluss des Sonnenstrudels eine 29 mal grössere Bewegung auf den Mond bewirkt als der Erdstrudel, so beträgt die Neigung der Mondbahn gegen die Ekliptik $5^{0}\ 8'\ 40''$ und die Neigung des Mondäquators gegen die Ekliptik bloss $1^{0}\ 28'\ 25''$, so dass also die Mondachse auf der Ebene der Ekliptik beinahe senkrecht steht ($88^{0}\ 21'\ 35''$).

Bei den Planeten haben wir eine Exzentrizität kennen gelernt, die von der ungleichen Erwärmung von Seite der Sonne herrührt. Beim Mond hat aber die Exzentrizität ihren Grund in dem Einfluss, den die beiden Strudel auf ihn ausüben. Da die Einwirkung der beiden Strudel fortwährend mit der Hauptrichtung zur Sonne abwechselt, so muss auch die absolute Lage der Erdnähe oder Erdferne oder der sogenannten Absidenlinie abändern. Weil ferner ein bestimmter Angriffspunkt der beiden Strudel in

der Richtung des Erdumlaufes verschoben wird, so muss auch die Richtung der Absidenlinie auf dieselbe Art fortwährend wechseln.

Zieht man grössere Planetensysteme in Betracht, so ergibt sich theoretisch, dass die aüssern Satelliten durch die grössere Erwärmungsfähigkeit der Exzentrizität entgegenwirken können, welche die beiden Strudel ihrer Hauptkörper veranlassen.

242. Lage der Planeten- und Satellitenbahnen zur Sonne. Nach Kepler steht die Sonne im einen Brennpunkt der Planetenbahnen, nach Newton ist die Sonne die bewegende Kraft. Letztere Ansicht gäbe der Vermutung Raum, dass die Wandelsterne sich nach allen möglichen Richtungen des Weltalls bewegen könnten. Diese Lücke der newtonischen Weltanschauung hat Laplace durch die Hypothese auszufüllen gesucht, dass die ursprüngliche Sonnen atmosphäre über die bekannten Regionen unsers Systems sich erstreckt habe und durch allmälige Verdichtung der aüssern Teile zu Planeten die Uebereinstimmung der Bewegungen erzielt worden sei.

Die Sonne erwärmt als Feuerherd den Dunstkreis der Planeten, und weist ihnen im umgekehrten Verhältnis ihrer Empfänglichkeit für diese Wärme ihren Abstand an. Indem der feurige Hauptkörper in etwa 25½ Erdentagen um seine Achse rotirt, reisst er durch den engen Anschlusss seiner Atmosphäre und der Aethermasse die in letzterm schwebenden Planeten zu einem Rundgang mit, der um so schneller wird, je näher der Nebenkörper steht. Durch die Einwirkung der Sonnenwärme auf die Nebenkörper mit empfänglicher Atmosphäre werden besondere Achsendrehungen der Planeten (und allfällig gewisser Trabanten) erzeugt, so dass im Allgemeinen die Drehachse auf der Rundbahnebene aufrecht steht und die Richtung dieser Drehung derjenigen des Rundganges entspricht.

Dadurch würden kleine, kreisförmige Strudel im grossen Sonnenstrudel entstehen. Weil sich aber bei den Planetenoberflächen, die nicht als Punkte aufgefasst werden können, lokale Verschiedenheiten zeigen, so entstehen Abweichungen in der Achsenstellung und diametrale Verschiedenheiten im Sonnenabstande der Planeten.

Man könnte dieser Ansicht entgegenhalten, dass die Planeten entweder genau in der Ebene des Sonnenäquators liegen oder mit

derselben parallele Bahnen beschreiben müssten, deren Mittelpunkte in der Sonnenachse lägen. Aber fürs Erste sind die bisher betrachteten Planeten wirklich in der Aequatorialzone der Sonne. Warum nicht genau im Sonnenäquator? Das hat erstens seinen Grund in dem mehrfach erwähnten Umstand, dass der Sitz der bewegenden Kraft nicht ausschliesslich an der vermeintlichen Oberfläche der Sonne, sondern bis in bedeutende Entfernung davon zu suchen ist und zweitens, weil der Anschluss der Aetherschichten gegenüber demjenigen fester Körper mangelhaft ist und endlich besonders die grössern Planetensysteme selbständige Eigenbewegungen ausführen können.

Die Ebene der Erdbahn schneidet den Sonnenäquator unter einem Winkel von 7 ° 9′ und die Planetenbahnen (mit Ausnahme der später zu behandelnden Planetoiden) unter kleineren Winkeln, Merkur 7 ° 0′; Venus 3 ° 2′; Mars 1 ° 51′; Jupiter 1 ° 19′; Saturn 2 ° 30′; Uranus 0 ° 46′; Neptun 1 ° 47′.

Dadurch findet eine solche Einwirkung der Sonne auf die Planeten statt, dass diese eigene Achsendrehungen erhalten, welche in den Hauptstrudel eingreifen, denselben unterstützen und regeln. Das ist der Haupteinfluss zweier benachbarter Planeten und der Grund ihrer Störungen. Es findet nämlich weder Abstossung noch Anziehung zweier Nachbarplaneten im Sinne der Massenanziehung statt, noch kann der direkte Wärmeeinfluss derselben eine merkliche Wirkung ausüben; aber der gegenseitige Anprall ihrer Strudel lähmt ihre gewöhnlichen Bewegungen einigermassen, wie ich an einzelnen Beispielen später ausführlicher nachweisen will. Es ist eine bekannte Tatsache, dass diese Störungen nicht immer mit dem newtonischen Schweregesetz harmoniren, weshalb man z. B. die Ausflucht brauchte, Jupiter und Saturn verwenden $^{19}/_{20}$ ihres Einflusses auf einander und nur $^{1}/_{20}$ auf andere Weltkörper. Gerade solche Verhältnisse, welche eine unwürdige Flickerei der alten Theorie waren, kommen durch die neue Lehre in das richtige Licht.

243. Ursache der Präzession. Hipparch beobachtete, dass die Sterne seit den Zeiten des Timocharis (also in etwa 150 Jahren) ein Vorrücken oder eine Präzession von etwa 2 ° in der Richtung von Westen gegen Osten zeigten. Offenbar konnte es sich nicht um eine Bewegung der gesamten Sterne gegen Osten, sondern

um eine solche des Frühlingsnachtgleichepunktes gegen Westen handeln. Auf welche Weise sollte man nun das Zurückgehen des Durchschnittspunktes der Ebenen des Aequators und der Bahn der Erde erklären? — Newton behandelt diese Angelegenheit in der 39. Proposition des dritten Buches folgendermassen: Aus der Abplattung der Erde folgt eine Massenanhaüfung am Aequator. Denkt man sich die grösstmöglichste Kugel aus ihr herausgeschnitten, so bleibt eine Schale, deren Dicke an den Polen Null, am Aequator ein Maximum von 3 geographischen Meilen erreicht. (Newton nahm eine Abplattung an, bei welcher sich die beiden Achsen verhielten = 229 : 230; während die Messung das Verhältnis = 298 : 299 ergab). Er redet dann von einer Aequatorhöhe, welche die Polhöhe um mehr als 17¹/₆ Meilen übertreffe, die er gegen seine Gewohnheit nicht näher als englische oder römische bezeichnet. Dann geht er zu der jährlichen Bewegung der Mondknoten über, die er zu 20° 11′ 46″ angibt. (Jetziger Wert = 19° 21′.) Der Anteil auf die Kugelschale betrage 9″ 56‴ 50^{IV} Da aber die Lage der äquatorialen Schale zur Ekliptik diesen Anteil noch vermindert, so beträgt die von der Sonne beeinflusste jährliche Präzession des Frühlingspunktes 9″ 7‴ 20^{IV}.

Die vom Mond auf die Gezeiten ausgeübte Kraft verhält sich zu derjenigen der Sonne = 4,4815 : 1 und das Verhältnis dieser Kräfte bleibt dasselbe für die Präzession. Dieser Anteil beträgt 40″ 52‴ 52^{IV}; also die ganze jährliche Präzession 50″ 0‴ 12^{IV}, was mit den Erscheinungen stimmt. —

Das Vorrücken der Nachtgleichen geschieht also in einer Periode von 25600 Jahren, die man als das grosse oder platonische Jahr bezeichnet. Da die Neigung der Mondbahn gegen die Ekliptik veränderlich ist, so ergibt sich die Nutation oder das Wanken der Erdachse, eine der Präzession ähnliche Erscheinung, welche den Kreislauf in 18²/₃ Jahren vollendet.

Was nun die Erklärung der Präzession (Vorgehen der Sterne, Zurückgehen der Knoten) betrifft, so ist sie nach der neuen Lehre ungemein einfach und natürlich. Sie ist eine Folge der zwei verschiedenen Aetherstrudel, welche um jeden Planeten vorkommen. Der eine rührt von der Achsendrehung der Sonne und zwingt den Planeten zum Rundgange, der andere rührt von der Achsendrehung des Planeten. Wären diese Strudel aus einmaliger Einwirkung der Weltkörper entstanden, so hätten sie sich gegenseitig

vermindert und wären allmälig erloschen. Aber beide werden unaufhörlich gespiesen und erhalten. Die fortwährende Reibung beider Strudel hat zur Folge, dass die Erdachse nicht absolut dieselbe Richtung beibehält.

Wäre die Richtung beider Strudel insofern übereinstimmend, dass die Ekliptikachse und die Erdachse zusammenfielen, so würde sich z. B. für die Nachtgleichen ergeben, dass der innere Teil des Planetenstrudels dem Sonnenstrudel genau entgegenliefe und der aüssere Teil desselben allein mit ihm zusammenfiele. Der innere Teil des Planetenstrudels würde also den Sonnenstrudel abschwächen, der aüssere Teil desselben würde ihn verstärken.

244. Grösse der Präzession. Nun bildet die Ekliptikachse mit der Erdachse einen Winkel von 23 °. Der Sonnenstrahl, welcher nach dem Mittelpunkt der Erde gerichtet ist, schneidet die Erdachse unter sehr verschiedenen Winkeln. Die Erdachse behält nämlich in der Hauptsache ihre absolute, oder zu einer bestimmten, frühern Richtung parallele Lage bei und bildet mit jenem Sonnenstrahl in den Nachtgleichen ebenfalls einen rechten Winkel, in den Solstitien aber Nebenwinkel, die um 23 ° vom rechten Winkel abweichen $(90 \pm 23)^{\circ}$. Nun bewirkt die fortwährende Reibung der beiden früher genannten Strudel durchaus keine Aenderung in der gegenseitigen Richtung der Strudel, von denen jeder von einem besondern Motor abhängt; aber sie bewirkt eine etwelche Aenderung der Erdachse, dass nämlich die Weltpole (Punkte, in denen die Fortsetzung der Erdachse den Himmel trifft) jährlich 50″ eines Kreises von Osten nach Westen um die Pole der Ekliptik beschreiben. Die Reibung und der gegenseitige Widerstand der beiden Strudel bringen also das Zurückweichen der Erdachse hervor. Diese Aenderung muss sich noch auf andere Weise offenbaren. Wir finden, dass mit der Veränderung der Weltachse auch eine Veränderung des Weltäquators eintritt, dass also auch die Durchschnittspunkte des letztern mit der als unbeweglich zu betrachtenden Ekliptik, die Nachtgleichenpunkte, von Osten nach Westen zurückgehen. Wenn nun die Nachtgleichenpunkte jährlich der Sonne um 50″ entgegengehen, so beschreibt dieselbe vom einen Frühlingspunkt zum nächstfolgenden keinen vollen Kreis, es fehlen daran 50″. Daher ist das sogenannte tropische Jahr ungefähr 20 Minuten kürzer als das siderische.

Das Zurückgehen der Nachtgleichenpunkte ist Schuld, warum die Zeichen des Tierkreises gegenwärtig nicht mehr in den gleichnamigen Sternbildern stehen. Um das Jahr — 320 fiel der Frühlingspunkt wirklich in das Sternbild des Widders, jetzt fällt er fast 30 ° westlicher in das Sternbild der Fische u. s. w. Aehnlich ist es mit der allmäligen Aenderung der Polarsterne. Zur Zeit Hipparch's (— 130) stand der jetzige Polarstern 12 ° vom Nordpol, + 1577 noch 2 ° 58′; 1732 noch 2 ° 7′. Er wird sich ihm 2103 bis auf 27′ nähern, 4100 wird Gamma im Cepheus, um 14000 Deneb im Schwan Polarstern sein.

Nach dieser Abschweifung komme ich wieder auf die nähern Werte und Faktoren der Präzession zurück. Das sekuläre Zurückweichen der Knoten beträgt bei Merkur 1 ° 11′; bei Venus 55′; bei Mars 47′; bei Jupiter 61′; bei Saturn 52′; bei Uranus 31′; bei Neptun 66′.

Wovon ist also die Grösse der Präzession bedingt? Erstens von der Stellung der jeweiligen Ekliptik zur Planetenachse, zweitens von der Grösse des Planeten und drittens vom Sonnenabstand und von der Zeit der Achsendrehung des Planeten oder von der Zahl der Achsendrehungen, die auf einen Rundgang fallen.

Die Neigung der Bahnen zu der Ekliptik beträgt bei Merkur 7 ° 0′; Venus 3 ° 24′; Saturn 2 ° 30′; bei Mars 1 ° 0′; bei Neptun 1 ° 47′; bei Uranus 46′; bei Jupiter 19′.

Die Oberflächen der Planeten sind (wenn diejenige der Erde als Einheit angenommen wird): Jupiter 121,2; Saturn 87,7; Uranus 20,5; Neptun 18,6; Venus 0,88; Mars 0,28; Merkur 0,14.

Die Geschwindigkeit eines Punktes am Aequator in Folge der Achsendrehung in der Sekunde bei Jupiter 38915 pariser Fuss, bei Saturn 32447, bei Uranus 14651 (?), bei Neptun 9336 (?), bei Mars 1500 (?), bei der Erde 1432, bei Venus 1377, bei Merkur 537 pariser Fuss. Die mittlere Geschwindigkeit beim Rundgang und der Einfluss der Atmosphären, so weit er hier ebenfalls mitberücksichtigt werden muss, sind in Nr. 226 enthalten.

245. Ungleichheiten des Mondlaufes. Schon Ptolemäus beobachtete die Evektion. Sie besteht darin, dass der Mond eigentlich schneller ist in Neu- und Vollmond und langsamer in den Quadraturen. Im ersten Fall erscheint aber die Mondbahn we-

niger nach der Erde gekrümmt; im letztern Fall mehr. Der Ort des Mondes wird dadurch um $^5/_4$ Grad verschoben.

Nach der newtonischen Ansicht wird der Mond in den Syzygien beschleunigt, weil Sonne und Mond in derselben Hauptrichtung ihre Anziehung auf ihn ausüben, während in den Quadraturen die Richtungslinien ihrer Anziehung einen rechten Winkel bilden. Nach den Newtonianern würde der Mond weit mehr von der Erde angezogen als von der Sonne, während nach Nr. 241 der Sonnenstrudel 29 mal stärker auf ihn wirkt als der Erdstrudel. Da im Neumond die beiden Strudel einander entgegen wirken, wo sich gerade der Mond befindet, erkennt man leicht den Grund der Beschleunigung. Aber im Vollmond? Da wird der Mond von den beiden zusammenwirkenden Strudeln erfasst und in der Richtung des Rundganges der Erde fortgerissen. Dabei wird er für die allmälig beginnende Abweichung des Erdstrudels unempfindlicher als sonst. — Die Evektion hat eine Periode von $31^4/_5$ Tagen.

Tycho beobachtete zuerst die Variation des Mondes. Sie besteht in einer Verlangsamung oder Beschleunigung des Mondlaufes in den Oktanten, also in denjenigen Punkten, die zwischen dem Neumond und dem ersten Viertel, zwischen diesem und dem Vollmond u. s. w. liegen. Im ersten Fall ist der Mond um etwa 36 Bogenminuten vor, im letzten Fall um so viel hinter seinem mittlern Ort. Die Periode beträgt $14^3/_4$ Tage. — Die Erklärung ergibt sich aus dem unmittelbar Vorhergehenden.

Eine dritte Ungleichheit des Mondes heisst die jährliche Gleichung. Der Lauf des Mondes ist nämlich im Winter etwas langsamer als im Sommer. Der Grund ist leicht einzusehen. Im Winter ist die Erde in der Sonnennähe, im Sommer in der Sonnenferne. Der Unterschied ist $^1/_{30}$ des mittlern Sonnenabstandes. Die Erde ist also auf ihrem Rundgang im Winter schneller und im Sommer langsamer, während ihre Achsendrehung, welche den Mondlauf bedingt, taktfest bleibt. Offenbar muss also der Mond, mit der Erdbewegung verglichen, im Winter langsamer und im Sommer schneller erscheinen. Er ist im Frühling etwa 11 Minuten hinter, im Herbst um gleichviel vor seinem mittlern Ort.

Eine andere Erscheinung des Mondes ist die in Nr. 93 behandelte Libration oder Ausgleichung. Bei Erdnähe tritt nämlich beim Mond eine Beschleunigung und bei Erdferne eine Verlangsamung des Rundganges ein, während seine Achsendrehung fort-

während taktfest bleibt. In der Erdnähe ist nämlich der Mond in einem nähern Teile des Erdstrudels und wird zu einem schnellern Rundgang gezwungen; allein auf seine Achsendrehung hat das keinen Einfluss, weil er als Schwungrad die einzelnen Ungleichheiten ausebnet. Auf diese Weise sehen wir an seinem Rande oft einen schmalen Streifen mehr oder weniger. Die Libration ist um so wichtiger, als sie den Notbehelf widerlegt, welchen Laplace aufgegriffen hat, um die eigentümliche Achsendrehung des Mondes zu erklären. Sollte letztere wirklich davon herrühren, dass die der Erde zugewandte Mondhälfte die schwerere ist, so müsste sich offenbar diese schwerere Hälfte auch im vorliegenden Falle nach der Erde richten, und die Libration müsste unterbleiben.

246. Aenderung der Knoten- und Absidenlinie des Mondes. Der Mond bewegt sich in einer Ebene, die 5 ° 9′ gegen diejenige der Ekliptik geneigt ist. Diese 2 Ebenen schneiden sich in 2 entgegengesetzten Punkten, welche die Knoten der Mondbahn genannt werden. Der aufsteigende Knoten oder der Drachenkopf liegt da, wo der Mond die Ekliptik auf seinem Laufe nordwärts durchschneidet; der absteigende Knoten oder der Drachenschwanz, wo dies südwärts geschieht. Wie die Aequinoktialpunkte, so rücken auch diese Knoten in der Ekliptik gegen die Ordnung der Zeichen, also von Osten nach Westen fort. Diese Bewegung beträgt jährlich 19$^1/_3$ ″ und vollendet einen Umlauf in 18 Jahren 219 Tagen. Deswegen ist der Mondlauf von einem Knoten bis wieder zu demselben, die drakonische Umlaufszeit oder der Drachenmonat, kürzer als die siderische, d. h. von einem Stern bis wieder zu demselben.

Mit der Evektion im Zusammenhang erleidet die Exzentrizität der Mondbahn innert 206 Tagen eine Schwankung von 0,044 und 0,066. Mit der Variation zusammenhängend rückt die Absidenlinie des Mondes jährlich um 40,7 Grad von Westen nach Osten und vollendet einen Umlauf in 8 Jahren 310$^1/_2$ Tagen.

Das Rückwärtsgehen der Mondknoten hat dieselbe Ursache wie dasjenige der Aequinoktialpunkte, die Verschiedenheit des Sonnen-, Erd- und Mondstrudels. Die Grösse muss sich nach der Verschiedenheit in der Richtung dieser Strudel und der Entfernung des Nebenkörpers von den beiden Hauptkörpern ergeben.

Bei den Planeten haben wir eine Exzentrizität der Bahn kennen gelernt, welche von der ungleichen Erwärmung der beiden

polaren Halbkugeln herrührte. Beim Monde muss aber die Exzentrizität ihren Grund in der Doppelbewegung haben, welche aus den beiden bestimmenden Aetherstrudeln hervorgeht. Vom Vollmond bis zum ersten Viertel muss sich vorzugsweise eine Annäherung des Mondes an die Erde, und vom Neumond bis zum letzten Viertel eine Entfernung von der Erde geltend machen. Da diese Verhältnisse immer wirken und in der Ordnung der Zeichen, also der Richtung nach abwechseln, so müssen sie sich gleicherweise am Monde abspiegeln.

Mädler sagt in seiner populären Astronomie, Seite 155, 159 und 160 über diese beiden Bewegungen des Mondes: Das Vorwärtsgehen des Perigeums und das Rückwärtsgehen der Knoten sind sowohl rücklaüfig als rechtlaüfig; es überwiegt nur beim Perigeum die rechtlaüfige, und bei den Knoten die rücklaüfige Bewegung. Schwieriger ist die Erklärung des Umstandes, dass das Perigeum vorwärts rückt. Das muss auf dem Verhältnis der Tangentialkraft und der Zentripetalkraft beruhen. Es wird wie die Evektion von einer Vermehrung und Verminderung der Zentripetalkraft herkommen; letztere wird überwiegen, der Mond wird längere Zeit bedürfen, um sein Perigeum zu erreichen. Und über das Rückwärtsgehen der Knoten: Man sieht nun freilich, wie die Knoten zurückweichen, es scheint aber, dass gleichzeitig auch die Neigung grösser geworden sei. Bedenken wir indes, dass nach dem Durchgang durch den Knoten das Heranziehen der Ekliptik den Winkel wieder verkleinern muss, so sehen wir, dass die Wirkung auf den Neigungswinkel eine Kompensation erhält und er daher wohl derselbe bleiben kann, während der Knoten seine rückgängige Bewegung nicht wieder kompensirt, und es wird das oben Gesagte klar werden.

Man ersieht also, dass dieses schwierige Thema sich nach der neuen Lehre leichter löst, als nach der newtonischen.

247. Die Absidenlinie der Erde. Die Veränderung der Absidenlinie der Erde wird von den Astronomen etwas stiefmütterlich behandelt, wie auch die Elemente, welche sie veranlassen. Selten wird ein Grund dafür angegeben. Die gewöhnliche Schwere, die Tangential- und Zentripetalkraft reichen eben dazu nicht aus.

Wenn die Absidenlinie der Erde sich im Raume absolut gleich bliebe, so müsste sie um den Betrag der Präzession, also jährlich

$50^1/_4$ Bogensekunden vorwärts rücken. Sie nimmt aber jährlich um $61^1/_2$ Bogensekunden an Länge zu, somit hat sie eine kleine, selbständige Bewegung.

Ich habe bisanhin die Exzentrizität der Erdbahn einzig von der Achsenstellung und der ungleichen Erwärmung der polaren Halbkugeln abgeleitet. Aber die Analogie mit dem Monde führt mich darauf, noch einen weitern Faktor einzuraümen, der von der Eigenbewegung der Sonne rührt. Diese Eigenbewegung müsste offenbar in der Ordnung der Zeichen stattfinden. Die beiden Faktoren müssten sich gegenseitig beeinflussen und zu gewissen Zeiten eine grössere oder kleinere Bewegung veranlassen. Möglicherweise wird die Achsenstellung von ihnen regulirt.

Da die Frage über die Eigenbewegung der Sonne noch nicht abgeschlossen ist, so wird die innere Verkettung der Absidenlinie und ihrer Faktoren bei der Erde und den übrigen Planeten neues, willkommenes Material liefern, um diese Frage endgültig zu entscheiden.

Wenn die Sonne keine Eigenbewegung hat, so regulirt die Absidenlinie die Stellung der Achse und die Exzentrizität. Dann wäre es auch gedenkbar, dass sie in gewissen Grenzen hin- und herschwankt und keinen Umgang ausführt.

Kapitel 8.

Die tatsächlichen Verhältnisse des Sonnensystems und die neue Theorie.

248. Die Sonne. Wie in Nr. 101 erwähnt, hat die Spektralanalyse wunderbare Aufschlüsse über die Sonne und die Fixsterne gegeben. Darnach ist die Sonne ein Feuerball. Der Chromosphäre wird eine Dicke von 1000—1500 Meilen zugeschrieben. Ueber die Sonnentemperatur weichen die Angaben sehr stark ab. William Siemens in London behauptete, diese Temperatur übersteige nicht 3000 Grad, sei also nicht höher als in einem Hochofen. Bei einer höhern Temperatur, meinte er, würde an der Oberfläche der Sonne keine Verbrennung stattfinden, weil die einzelnen Bestand-

teile der Photosphäre unverbunden bleiben würden. Nach Professor Balfour-Stewart ist die Abgabe von Licht und Wärme am grössten zur Zeit des Sonnenfleckenmaximums. Langley, Direktor des Observatoriums zu Alleghany, V. St., hat das Bolometer (Bolos = Sonnenscheibe) erfunden, das an Empfindlichkeit alle bisher bekannten thermoelektrischen Saülen übertrifft. Damit wurde die Ausstrahlung der Sonne gemessen und gezeigt, dass die grösste Wärme nicht im Ultrarot, sondern im Orange nahe bei der Natriumslinie D ist. Ferner bewies Langley, dass der leuchtende Teil des Spektrums weit mehr durch die Absorption unserer Atmosphäre beeinflusst wird als der wärmeerzeugende Teil des Ultrarot. Die Versuche mit dieser Strahlenwage wurden auf dem Mount Whitney in Südkalifornien, 14000 Fuss hoch, angestellt. Dabei wurde die Entdeckung gemacht, dass ohne Störung der Erdatmosphäre das Maximum von Licht und Wärme sich in dem blauen Teil des Spektrums befände. Die Sonne würde uns also blau erscheinen, wenn wir uns über die Erdatmosphäre erheben könnten.

Für die Temperatur der aüssern Sonnenhülle, Photosphäre, fand Secchi mehrere Millionen Grade, Violle etwas über 2000, Zöllner mindestens 28000, Rosetti 10000. Der französische Physiker Hirn versuchte die Temperatur unmittelbar unter der Photosphäre zu berechneu. Er glaubt, dass die festen Teile der Sonne, welche Licht und Wärme ausstrahlen, sich verflüchtigen, wenn sie in einer bestimmten Tiefe angelangt sind, und deswegen müssen die unter der Photosphäre befindlichen Gasschichten eine bedeutend höhere Temperatur besitzen als der Umkreis der Sonnenhülle. Da er die Protuberanzen als Eruptionserscheinungen ansieht, welche bei ungeheuer hoher Temperatur von einem starken zu einem geringen Drucke übergehen, so sucht er aus der Geschwindigkeit die Temperatur zu ermitteln. Nach den Beobachtungen von Lockyer, Young u. a. wurde die mittlere Wurfgeschwindigkeit dieser Gebilde zu 217 km in der Sekunde und die Temperatur dieser Region zu 2200000° bestimmt. Darauf gestützt, hat der französische Physiker Lamey die Verteilung der Temperatur in verschiedener Breite unserer Sonne zu berechnen versucht. Indem für eine bestimmte Epoche die mittlere Höhe der Protuberanzen mit der Breite ändert, findet Lamey, dass die Temperatur in 85° n. Breite der Sonne 647000° betrage. In Anbetracht dieser Tatsache, verbunden mit der Bewegung der Sonnenflecken und der Neigung der

Protuberanzen, glaubt man an eine Strömung von der äquatorialen Zone nach den nördlichen Gegenden.

Im Jahr 1852 fand Secchi, dass die nördliche Halbkugel der Sonne wärmer sei als die südliche; aus den Protuberanzen des Jahres 1874 ergab sich bei nachträglicher Berechnung dasselbe Ergebnis.

Dem Spektroskopiker William Huggins ist es gelungen, die Sonnenkorona sogar bei vollem Sonnenschein zu photographiren. Man fand bei der Sonnenfinsternis vom 17. Mai 1884, dass die Korona aüsserst reich an blauen und violetten Strahlen ist. Darauf gestützt, hat Huggins die nötigen absorbirenden Medien angebracht: blaue Gläser und später eine frische Lösung Kalipermanganat.

Carington fand, dass mit der Haüfigkeit auch die heliographische Breite der Sonnenflecken einer periodischen Aenderung unterliegt. Wenn die Fleckenbildung zur Zeit des Minimums fast gänzlich aufgehört hat, wird eine neue Periode gewöhnlich durch das Auftreten in hohen Breiten (etwa 30 ° n. oder s.) eingeleitet. Während aber die Menge der Flecken rasch ansteigt, nimmt ihre mittlere heliographische Breite ebenso ab, erreicht zur Zeit des Maximums einen mittlern Wert und nähert sich langsam dem kleinsten Werte, wenige Grade nördlich oder südlich vom Aequator.

Carington und Spörer haben den Nachweis geleistet, dass die Drehung der einzelnen Sonnenzonen mit zunehmender Breite abnimmt. So ergibt sich eine ganze Umdrehung in der heliographischen Breite von

0 °	in	25,1 Tagen
10	n. und s.	25,3
20		25,7
30		26,5
40		27,7.

249. Die Atmosphäre der mittlern und kleinen Planeten. Schröter fand im Anfang dieses Jahrhunderts, dass das Licht der beleuchteten Scheibe Merkurs nach dem dunkeln Teile hin viel stärker abnahm, als es nach den Gesetzen der Reflexion geschehen sollte, und dass die Lichtphase erheblich kleiner war, als aus der Stellung des Planeten zu Sonne und Erde folgte. Beer und Mädler fanden 1832, und Vogel in Bothkamp 1871, die Lichtgrenze Merkurs nicht ganz scharf und schlossen aus der Breite des verwa-

schenen Teiles auf eine ziemlich dichte Atmosphäre. Nach den photometrischen Untersuchungen Zöllners über die Lichtstärke Merkurs in den verschiedenen Lichtgestalten erscheint eine merklich dichte Atmosphäre unwahrscheinlich. Langley findet diesen Planeten trotz Sonnennähe kaum bewohnbar wegen Luftverdünnung.

Merkur steht der Sonne so nahe, dass nach der bisherigen Ausdrucksweise die Intensität von Wärme und Licht bis 6,674 mal stärker ist als auf der Erde. Man muss aber beifügen, wenn die Atmosphäre der unsrigen gleichkommt. Da die Achsendrehung in 24 Stunden 5 Minuten, also noch etwas langsamer vor sich geht als bei uns, so muss die Empfänglichkeit des Dunstkreises für die Sonnenstrahlen, somit die Dichtigkeit desselben viel geringer sein.

Der rote Teil des Merkurspektrums ist viel stärker als der blaue und violette.

Im Jahr 1836 bestätigten Beer und Mädler die Beobachtungen Schröters, dass bei der Venus der Glanz gegen die Lichtgrenze matt abfalle. Venus hat also eine Atmosphäre. Es ergibt sich bei jeder Beobachtung, dass derjenige Teil, welcher gegen die Sonne gerichtet ist, also der aüssere, viel schärfer abgegrenzt ist, als der innere Rand, welcher die Grenzlinie zwischen Tag und Nacht ausmacht. Es findet also auf Venus eine Dämmerung statt, ähnlich derjenigen, welche unsere Atmosphäre veranlasst. Wilhelm Herschel, Vogel und Lohse fanden übereinstimmend, dass in der Venusatmosphäre eine sehr dicke und dichte Schicht von Verdichtungsprodukten schwebe. Die Intensität des Sonnenlichtes ist daselbst unter übrigens gleichen Verhältnissen 1,911 mal grösser als bei uns und die Achsendrehung geschieht in 23 Stunden 21 Minuten 22 Sekunden. Es lässt sich daraus entnehmen, dass die Atmosphäre der Venus nicht so erwärmungsfähig, also auch nicht so dicht sei wie die irdische, sonst könnte dieser Planet nicht bedeutend grössere Sonnennähe ertragen und sich nur unbedeutend schneller drehen.

Bei den Venusdurchgängen des letzten Jahrhunderts sah Rittenhouse, und bei denjenigen von 1874 sahen sehr verschiedene Beobachter, dass der Umfang der noch ausserhalb der Sonnenscheibe befindlichen Teile schwach erleuchtet war, was unsern Dämmerungserscheinungen entspricht, welche durch die Atmosphäre hervorgebracht werden. Der Amerikaner Lyman beobachtete 1866 bei Gelegenheit einer untern Konjunktion der Venus, wie der

Planet bei einem Abstand von $1\frac{1}{2}''$ von der Sonne in zartem Lichte leuchtete.

Auch das Spektroskop spricht für die Atmosphäre. Nach Vogel stimmt das Venusspektrum wesentlich mit dem Sonnenspektrum überein; einige Absorptionsstreifen lassen höchst wahrscheinlich auf das Vorhandensein von Wasserdampf in der Venusatmosphäre schliessen.

Mars zeigt eine dichtere Atmosphäre als die Erde. Er hat an den Polen veränderliche Flecken, die bisanhin für Eismützen angesehen wurden, weil sie nach den Jahreszeiten dieses Planeten entsprechend vorwärts und rückwärts gehen. Mars lässt auch Dünste und Wolken erkennen, die bisweilen die vermutliche Oberfläche stellenweise verhüllen. Ferner schliesst man aus andern Flecken auf die Anwesenheit von Land und Meer. Littrow spricht von veränderlichen Flecken, welche Schröter und Harding beobachtet haben. Man habe Bewegungen von 50—90 Fuss in der Sekunde beobachtet, also mehr als das Doppelte unserer gewöhnlichen Stürme (freilich hat man schon Orkane beobachtet, welche eine Geschwindigkeit von 40 m aufwiesen); zugleich aber Veränderungen in der Gestalt, ein Beweis, dass es atmosphärische Gebilde seien. Cassini und Römer sahen oft kleine Fixsterne allmälig schwächer werden und endlich hinter dem Mars ganz verschwinden, noch ehe sie den eigentlichen Rand dieses Planeten erreichten. James South will in einem einzelnen Falle das mit einem guten Instrument nicht bemerkt haben. Die Intensität des Sonnenlichtes ist auf Mars bloss 0,431 derjenigen der Erde, und seine Achsendrehung soll 24 Stunden 37 Minuten 23 Sekunden beanspruchen.

Ich muss einstweilen bemerken, dass ich dem Mars eine verhältnismässig viel stärkere Atmosphäre zutraue als der Erde. Jene Eiszonen halte ich für Wolkenmassen, die je nach den Jahreszeiten ab- und zunehmen. Endlich kann ich diesem Planeten eine Achsendrehung von höchstens 12 Stunden einraümen.

Bei den Planetoiden hat man noch keine bleibende Flecken wahrgenommen, um ihre Achsendrehung zu ermitteln. Begreiflich. Ceres hat ungeachtet ihrer Kleinheit ein so lebhaftes Licht, dass sie dem freien Auge als ein Stern 6. Grösse erscheint. (Nach Andern auch Vesta). Littrow frägt sich: Hat sie Demantfelsen oder eigenes Licht von hoher Intensität? Dann fährt er fort:

Wie die grossen Exzentrizitäten und Neigungen ihrer Bahnen sie den Kometen näher bringen, so werden sie diesen sonderbaren Weltkörpern auch ähnlich durch gewaltige Atmosphären. Bei Ceres und Pallas scheinen sich diese Atmosphären oft über 100 Meilen von der Oberfläche zu erstrecken. Schröter will bemerkt haben, dass sich diese Atmosphären oft um mehr als um das Doppelte ihres Raumes zusammenziehen und zuweilen sogar ganz verschwinden. Aehnliches hat er an Juno, nicht aber an Vesta beobachtet. (Wolken?)

Die bisher unerklärte Tatsache, dass einzelne Planetoiden und von den aüssern Planeten besonders Jupiter, sich durch ein sehr starkes Licht bemerkbar machen, könnte auf folgendem Grunde beruhen: Aller Wahrscheinlichkeit nach nimmt die verhältnismässige Grösse der Atmosphäre unserer Planeten mit dem Sonnenabstande zu, und zwar — beilaüfig gesagt — in einem stärkern Verhältnis als das Quadrat dieses Sonnenabstandes ergibt. Nun wächst aber mit der grössern Atmosphäre bei den Planeten von aussen her die Dichtigkeit dieser Atmosphäre und im gleichen Masse auch die Reflexionsfähigkeit ihrer aüssern Schichten.

Vogel hat in dem Spektrum der Vesta die Linie F mit Gewissheit gesehen, ausserdem 2 Streifen, wovon einer ebenfalls dem Sonnenlichte angehört, der andere aber wahrscheinlich von der Atmosphäre des Planeten herrührt.

250. Die Atmosphäre bei Jupiter und Saturn. Jupiter hat 2 dunkle Hauptstreifen zu beiden Seiten des Aequators. In denselben sind hellere und dunklere Stellen, von denen die einen selbständige Bewegungen haben, als ob sie von furchtbaren Stürmen getrieben würden. Man betrachtet den hellen Aequatorstreifen als am meisten bewölkt, und vergleicht ihn mit der Kalmenzone der Erde, wo die warmen Dünste täglich sündflutliche Regengüsse niedersenden; die beiden dunklern Streifen dagegen als diejenigen Gegenden, welche verhältnismässig am wenigsten bewölkt sind, wie es bei unserer Erde entsprechend vorkommt. Diese Ansicht wird noch bestärkt, weil die helle, mittlere Zone im Verlaufe des Jupiterjahres ihre Lage angemessen ändert.

Die 2 grossen Flecken sind die breitesten und dunkelsten, und behalten ihre Formen am längsten bei; die übrigen sind bedeutenden Veränderungen an Gestalt und Lage unterworfen. Die

kleinern entstehen und verschwinden oft schon in einigen Stunden; doch sind ihre Ortsveränderungen immer denjenigen ihrer grossen Flecken, also dem Jupiteräquator parallel. Zuweilen sieht man sie wie unsere Wolken sich anhaüfen, sich wieder trennen und über einen grossen Teil Jupiters sich verbreiten. Zuweilen sieht man 8—10 lange, parallele Streifen; Wilhelm Herschel soll einmal über 40 derselben gezählt haben. Littrow, dem ich diese Angaben entnehme, fährt fort: Diese Flecken sind veränderlich, gehen von Westen nach Osten; aber ihre Geschwindigkeit stimmt nicht mit der Umdrehung Jupiters überein. Nahe am Aequator sieht man oft solche Flecken, die in jeder Sekunde 300—400 Fuss zurücklegen. Schröter hat sogar solche beobachtet, die 10000 Fuss in in einer Sekunde zurücklegten. Schon Cassini beobachtete in wenigen Stunden plötzliche Verdunklungen und Aufheiterungen grosser Strecken von 10000 bis 20000 Quadratmeilen auf der Oberfläche dieses Planeten, eine Erscheinung, die Schröter besonders an den beiden Polen und sehr oft sich wiederholen sah. Die Luft, welche diesen Planeten umgibt, kommt vielleicht an Dichtigkeit schon der unsers Wassers nahe und die Ausdünstungen und Wolken, welche in dieser Atmosphäre von den heftigsten Stürmen bewegt werden, mögen schon unsern festen Körpern gleichen.

Aeltere und neuere Astronomen sind der Ansicht, dass Jupiter noch eine schwache, selbständige Lichtentwicklung habe. Huggins hat 1864 im roten Teil des Jupiterspektrums einige dunkle Linien entdeckt, welche im Sonnenspektrum nicht vorkommen und darunter eine, welche wir auf der Erde bisher nicht angetroffen haben. Browning hat 1870 diese Linien wieder sehr deutlich erkannt und glaubt, dass im Grün der gelben Seite noch viel feinere dunkle Linien auftreten, welche denen entsprechen, die vom Dunste der Erdatmosphäre herrühren und die gewöhnlich im Sonnenspektrum vorkommen, wenn die Sonne nahe am Horizonte steht. Also würde das Spektrum auch etwelches eigenes Licht auf Jupiter verraten.

Die Intensität des Sonnenlichtes ist auf Jupiter 0,037 derjenigen der Erde. Die Achsendrehung dieses Riesenplaneten findet in 9 Stunden 55 Minuten 27 Sekunden statt. Das Licht der Sonne ist also auf Jupiter 27 mal weniger intensiv als auf der Erde oder 15 mal schwächer als auf dem Mars in seiner Sonnennähe.

Da die Jupiterscheibe uns scheinbar viermal grösser vorkommt als Mars in seiner grössten Erdnähe, so müsste dieser alsdann heller glänzen als Jupiter, wenn bei beiden Planeten das zurückgeworfene Licht im gleichen Verhältnis wie das empfangene bleibt. Indessen erscheint uns gerade Jupiter bedeutend heller als Mars, woraus wir schliessen, dass entweder Mars einen grössern Teil des Lichtes absorbirt, oder dass Jupiter noch eigenes Licht hat.

Lohse in Potsdam hält die Streifen für vulkanische Ausbrüche von glühenden Gasen und Dämpfen. Raynard glaubt an eine Wechselbeziehung zwischen dem Maximum der Sonnenflecken und der Veränderung der Jupiterstreifen.

Es wird allgemein zugegeben, das Jupiter eine sehr hohe eigene Temperatur besitze, weil bei seiner schnellen Achsendrehung und der grossen Entfernung die Sonne nicht so heftige und schnelle Vorgänge erzeugen könnte.

Vogel bestätigt die frühern spektroskopischen Beobachtungen: Die sehr dunkle Absorptionsbande im Rot, welche dem Planeten eigen ist und die starke Absorption auf die brechbarern blauen und violetten Strahlen, welche die Anwesenheit des Wasserdampfes beurkunden.

Der grosse, rote Fleck, der im Juni 1878 auf der südlichen Jupiterhalbkugel sichtbar wurde und eine Ausdehnung von $^3/_4$ der Erdoberfläche erreichte, leuchtete nach spektroskopischen Untersuchungen mit eigenem Licht. An diese Mitteilung fügt Nr. 2170 der leipziger illustrirten Zeitung die Ansicht Proctors, dass die Sonne die beiden grössten Riesenplaneten um Millionen Jahre absoluten Alters übertreffe, aber dass sie in Betreff ihrer Entwicklung ebenso jünger sei als diese, wie die Erde älter sei und dass endlich Saturn noch jünger und sonnenähnlicher erscheine als Jupiter.

Saturn hat wie Jupiter helle und dunkle Streifen, welche Veränderungen erleiden. Es werden also in dieser grossen Sonnenferne noch Wolkenhaufen nachgewiesen. Die Wärme des Planeten muss sie mehr begünstigen als das Sonnenlicht. Wilhelm Herschel fand, dass die Streifen bisweilen nicht unbedeutende Winkel mit der Ringebene bilden, auch erscheinen ihm die Polarregionen Saturns zur Zeit des Sommers weit weniger hell als zur Zeit ihres Winters. Diese Angaben lassen auf eine dichte Atmosphäre des Planeten und auf Niederschläge schliessen. Da aber nach der

newtonischen Lehre von der Dichtigkeit der Weltkörper Saturn bloss ein spezifisches Gewicht von 0,62 haben soll, so begnügt man sich mit dem Schluss, dass man nur eine dichte Wolkenschicht als Grenze Saturns sehe, während ein verhältnismässig kleiner, kompakter Kern darunter sich befinde, welcher mit dem Wasser an Dichtigkeit übereinstimme. Vergebliche Künste! Jedenfalls kann man bei Saturn die Anwesenheit der Atmosphäre mit Teleskop und Spektroskop nachweisen. Nach Huggins sieht man im Spektrum Saturns einige Linien, welche denen im Spektrum Jupiters ähnlich sind. Janssen fand, dass wahrscheinlich sowohl auf dem Saturn als auf dem Jupiter Wasserdampf vorhanden ist, was von Secchi bestätigt wurde. Letzterer stellte fest, dass der grosse, schwarze Streifen im Rot des Spektrums der Saturnatmosphäre eigentümlich ist.

Die Stärke des Sonnenlichts ist auf Saturn 0,011 derjenigen auf der Erde. Seine Achsendrehung geschieht in 10 Stunden 14 Minuten 24 Sekunden. Welche innere Hitze muss diesen Planeten beleben, wenn er bei dem minimen Sonneneinfluss zu einer so schnellen Achsendrehung gezwungen wird.

251. Die Atmosphäre bei Uranus und Neptun, Rückblick. Bei Uranus ist die Zeit der Achsendrehung noch nicht bekannt. Nach dem Strudel zu urteilen, welcher die Monde um sich zieht, wird sie etwa 10½ Stunden betragen. Das Sonnenlicht beträgt daselbst nur 0,003 der Stärke, welche sie auf der Erde hat, immerhin wirkt es noch 1500 mal stärker als das Vollmondslicht. Man sagt vom Uranus, er könnte auf seiner Oberfläche noch heissflüssig und in geringem Grade noch selbstleuchtend sein. Das Spektrum des Uranus ist von Secchi näher untersucht worden; es ist sehr merkwürdig, ungefähr wie wenn aus dem Sonnenspektrum alle gelben Strahlen ausgelöscht würden. Bekanntlich liegt die dunkle D-linie des Natriums in dieser breiten, lichtleeren Stelle. Henry in Paris hat 2 parallele Streifen beobachtet, die symmetrisch zum Mittelpunkt der Scheibe liegen, und die mit der scheinbaren Bahn seiner Satelliten einen Winkel von etwa 40° bilden. — Das Vorhandensein der Atmosphäre gilt als erwiesen.

Neptun empfängt das Sonnenlicht mit 0,001 der Stärke, die es bei uns hat. Die Achsendrehung ist nicht bekannt; allein sein Satellit meldet uns, dass sie gegen 9 Stunden betrage. Secchi

hat das Spektrum dieses Planeten ebenfalls sehr genau untersucht. Hier fehlt unter Anderm das Rot und ist dagegen das Grün sehr stark. Besonders auffallend ist das Zusammentreffen der dunkeln Streifen mit den hellen Banden gewisser Kometen und den dunkeln Banden der Fixsterne des 4. Typus. Während Jupiter und seine Trabanten bei 350 maliger Vergrösserung ungemein scharf und deutlich erscheinen, verliert Neptun bei derselben Vergrösserung seine scharfe Begrenzung und erscheint mit verwaschenem, nebligem Rande. Es scheint demnach, sagt man nach newtonischer Art, dass dieser Planet von einem dichten Nebel umgeben ist, oder dass er noch nicht den Grad der Verdichtung erlangt hat, welcher der Bildung einer festen Oberfläche vorhergeht. Nach Vogel ist das Spektrum Neptuns ähnlich demjenigen des Uranus. Einzelne Linien unterscheidet man darin nicht, sondern nur mehrere Streifen, welche unzweifelhaft durch Absorption der Sonnenstrahlen in einer den Planeten umgebenden Atmosphäre entstanden sind.

Je weiter ein Planet von der Sonne entfernt ist, desto empfänglicher ist seine Atmosphäre. Die Erde hat diese Entwicklung durchgemacht. Je weiter wir in ihren Schoss hinuntersteigen, desto mehr können wir uns in die Verhältnisse hineinversetzen, welche auf den entferntern Planeten vorkommen. Die farbigen Gebilde der obern organischen Schichten lassen uns auf einen Sonnenabstand schliessen, welcher dem jetzigen nahe steht; das Dunkel der Kohlenperiode versetzt uns in lichtschwächere Regionen des Himmels und in eine wolkenschwere Atmosphäre. Wenn einmal diese Verhältnisse durchschaut werden, dann kann der richtige Darwinismus in der Geologie aufkommen und die allmälig gesteigerte Natur deuten. Licht und Schatten, Bewegung und Ruhe, kurze Tage und lange Jahre haben die verschiedenen Weltalter durchgeführt; und bedeutende Veränderungen dieser Faktoren haben neue Schöpfungszeiten eingeleitet. Doch davon ein ander Mal mehr. Glück zu, das Schönste und Beste steht der Erde noch bevor!

252. Die Mondatmosphäre. Bekanntlich ist es bisher nicht gelungen, auf dem Monde eine Atmosphäre von merklicher Dichte nachzuweisen. Wenn am Rande des Mondes ein Fixstern sichtbar ist, so zeigt sich nämlich nicht die geringste Verschiebung oder

Trübung des Sternes. Die Grenze zwischen Licht und Schatten auf unserm Trabanten ist ferner so scharf, wie sie nur bei vollständigem Luftmangel vorkommen kann. Denn jede Luftart bricht den Lichtstrahl und schwächt das hindurchgehende Licht.

Die irdischen Abstufungen zwischen Licht und Schatten, das Morgen- und Abendrot, der blaue Himmel, die Dämmerung, die Wolken und der Regenbogen kommen auf dem Monde nicht vor. Ich habe früher gemeint, die einstige Atmosphäre des Mondes habe sich durch die Kälte immer mehr zusammengezogen und habe sich endlich in erstarrter Form an den Kern gelegt. Aber eine solche Kälte hat der Weltenraum nicht, sonst kämen auch Trübungen in den obern Schichten der Erdatmosphäre vor. Dagegen habe ich seit einiger Zeit die Meinung gewonnen, dass die Atmosphäre eines jeden Weltkörpers allmälig verbunden und verdichtet zu einem Bestandteil des Kernes werde. Wir wollen einmal zur Erde zurückkehren, die jetzt noch ein ungeheures Luftmeer hat. Der Stickstoff nimmt 79 und der Sauerstoff 21 Raumteile ein. Das Gesamtgewicht der Erdatmosphäre wird auf etwas über 5 Trillionen kg angegeben. Ich finde zwar diese Angabe zu niedrig. Das ist auf den ersten Anblick eine unerschöpfliche Masse. Dazu kommt weiter von Seite der Chemiker folgende Beruhigung: Was der Luft an Sauerstoff durch Atmen, Verbrennen, Rosten der Metalle und die Faülnis entzogen wird, geben ihr die grünen Pflanzenteile im Sonnenlicht wieder ab. Dieser Prozess ist um so wichtiger, als der Sauerstoff mehr dem Wasser entzogen wird, wobei der ausgeschiedene Wasserstoff als Holz oder Kraut sich absetzt und später bei allfälliger Verbrennung den ersparten Sauerstoff wieder in Anspruch nimmt.

Und dennoch ist diese Bilanz über den wichtigsten Lebensstoff nicht ganz richtig. Es gibt jährlich ein Defizit, wenn auch ein minimes. Wo haben wir z. B. für den grössten Teil Europas einen Ersatz für den Sauerstoffverbrauch aller lebenden Wesen von September bis April? Ganz ähnlich steht es mit dem Stickstoff, der als Ammoniak eine Hauptrolle bei der Verwesung und Düngung spielt. Und auch hier ist der gleiche Verlust. Wie der Sauerstoff z. B. an den Muschelschalen, an den einverleibten Meteoren notwendig eine Einbusse erleidet, so wird auch der Stickstoff der Luft z. B. durch den Blitz vermindert. Und wenn auch täglich auf der ganzen Erde nur 1 m^3 Luft unwiederbringlich an den Kern gefügt wird,

so muss mit der Länge der Zeit eine Erschöpfung eintreten. Nach v. Oppolzer würde der kosmische Niederschlag in 100 Jahren eine Schicht von 2,8 mm Dicke über den ganzen Erdball betragen. Der innige Zusammenhang der Atmosphären der Planten, besonders der aüssern und innern, brachte mich auf diese Ansicht, die weiterer Bestätigung bedarf.

253. Achsenstellung und Exzentrizität bei den Planeten. Die Ac'ıse Merkurs weicht nach Schröter 20 °, nach Andern noch mehr von der normalen Stellung ab. Davon ist die relative Dauer der Tage und Nächte in den extremen Jahreszeiten und das Verhältnis der Zonen bedingt. Die Exzentrizität der Bahn wird durch den geringen Sonnenabstand bedeutend vermehrt. Merkur steht von 6,15 bis 9,35 Millionen Meilen (44—67 Mill. km) von der Sonne ab. In der Sonnennähe empfängt er 10,58 und in der Sonnenferne noch 4,59 mal mehr Licht und Wärme als die Erde. Er hat die grösste Exzentrizität unter den grössern und mittlern Planeten. Dieselbe beträgt 0,2056. Bei einer dichtern Atmosphäre müsste sie noch beträchtlicher sein.

Die Exzentrizität der Venus ist die kleinste der grössern und mittlern Planeten, sie beträgt bloss 0,0068, und vermindert sich in 100 Jahren um 0,0001088.

Die Achse des Mars bildet mit seiner Bahnebene einen Winkel von 61 ° 18′. Der Planet hat eine Exzentrizität von 0,09326, also einen Sonnenabstand von 27,67 bis 33,37 Millionen Meilen (199—240 Mill. km) und das auf ihn wirkende Sonnenlicht ist 0,52 bis 0,36 desjenigen der Erde. Die der Sonne nähere Hälfte seiner Bahn, Frühling und Sommer der südlichen Halbkugel (oder Herbst und Winter der nördlichen) beschreibt er in 296 Marstagen, die entferntere Hälfte in 372 Tagen. Die nördliche Halbkugel des Mars erweist sich demnach für erwärmungsfähiger, weil in ihrem Sommer der Planet weiter von der Sonne absteht und langsamer kreist. Ferner gewahrt man an beiden Marspolen weisse Flecken, die mit der kalten und warmen Jahreszeit zu- und abnehmen, und die man bisanhin als Eiszonen angesehen hat. Nach den Beobachtungen von Beer und Mädler erstreckte sich im Jahr 1837 die südliche Eismütze in ihrem Winter bis 55 ° Breite und verschwand im folgenden Sommer bis zu 78 °, weswegen man auf ein gemässigtes, feuchtes Klima der südlichen Halbkugel dieses Planeten

schloss. Die Eiszone der nördlichen Halbkugel dehnt sich nie so weit aus und schmilzt im Sommer bis etwa 83 ⁰ Breite. Andere dunkle und helle Stellen der Marskugel deutete man als Inseln und Meere. Darnach hätte Mars etwa 4 mal so viel Land als Wasser, die nördliche Halbkugel hätte mehr kontinentalen, die südliche mehr ozeanischen Charakter. Gerade um den Nordpol zeigt sich Festland, um den Südpol Meer, was ebenfalls bei der Erklärung der Verschiedenheit des Eismantels herbeigezogen wurde.

Wenn man alle Erscheinungen berücksichtigt, welche die einheitliche Entwicklung und Anordnung der Planeten ergibt, so muss man wahrscheinlich auf den Anblick der Oberfläche des Mars verzichten und sich mit demjenigen seiner atmosphärischen Gebilde begnügen. Letztere müssten einigermassen verschieden sein, wie es die Beobachtung nachweist. Vielleicht können die Sonnenstrahlen nicht gleich tief hineindringen und entsteht dadurch der grosse Unterschied in der Erwärmung der beiden polaren Halbkugeln.

Bei Jupiter steht die Achse fast senkrecht auf seiner Bahn (beinahe 87 ⁰); weswegen man auf eine gleichmässig verteilte Dunstoberfläche schliessen kann. Das zeigt sich auch in den parallelen Streifen, welche als Anhaüfungen von Wolkengebilden angesehen werden. — Dabei fällt auf, dass dieser Planet bei unbedeutender Achsenneigung eine starke Exzentrizität hat (0,04825), welche diejenige der Erde um das Dreifache übertrifft. Es kommt aber in Betracht, dass — obgleich die Neigung 7 mal geringer ist als bei der Erde — die ähnlichen Zonen dieses Riesenplaneten im Allgemeinen etwa 121 mal grösser sind als diejenigen der Erde. Ferner spielt die kurze Dauer der Tage und Nächte ebenfalls mit. Ein weiteres Moment liegt darin, dass die Einwirkung auf die begünstigte Halbkugel je 3 Erdenjahre währt. Der wichtigste Umstand bleibt aber die ungemeine Erwärmungsfähigkeit, welche in schneller Achsendrehung sich kundgibt und welche die verminderte Wirkung des Sonnenlichtes ($^1/_{27}$ der Erde) ausgleicht.

Bei Saturn kommt eine anormale Neigung der Achse (27 ⁰) vor. Daran wird grösstenteils der Ring Schuld sein, weil er in der ungünstigen Jahreszeit dem Hauptkörper einen grossen Teil Sonnenlicht entzieht und Finsternisse von mehrerern Erdenjahren erzeugt. Bei diesem Planeten ist eher auffallend, dass er bei grosser Achsenneigung die Exzentrizität des vorerwähnten Nachbars um ein Geringes überbietet. Seine Exzentrizität beträgt näm-

lich 0,05607, und sein Sonnenabstand schwankt zwischen 180 und 202 Millionen Meilen (1338 bis 1498 Mill. km). Damit schwankt auch der Einfluss des Sonnenlichtes zwischen 0,012 und 0,010 desjenigen der Erde. Die heissen und kalten Zonen Saturns sind also verhältnismässig breiter und die gemässigten schmäler als die gleichnamigen auf der Erde. Der Frühling der Nordhälfte dauert 7,07 Erdenjahre, der Sommer 8,01; der Herbst 9,94 und der Winter der Nordhälfte 6,76 Erdenjahre. Also ist auch bei Saturn die nördliche Halbkugel erwärmungsfähiger als die südliche.

Da die Bahnebenen der Monde des Uranus beinahe senkrecht auf der Bahnebene ihres Planeten stehen, so hat man daraus geschlossen, dass dessen Aequator wahrscheinlich senkrecht auf der eigenen Bahnebene stehe. Möglich ist's; wahrscheinlich nicht, wie spätere Erörterungen zeigen.

Zum Schlusse will ich noch 2 Punkte besprechen, welche sich auf die Erde beziehen. Am Meer ist für die Erwärmung die günstigste, weil dichteste Luft; auf der Hochebene ungünstige, weil dünne Luft. Das Wasser erwärmt sich sehr schwer. Die Wärmemenge, welche ein kg Blei bis auf 30 ° erwärmt, erwärmt ein kg Wasser bloss um 1 °. Ferner ist nicht zu vergessen, dass bei einer gewissen Temperatur das erwärmte Wasser in die Tiefe sinkt und dadurch eine starke Erwärmung der Umgebung verunmöglicht; bei Wolkenmassen ist es anders.

Wie früher vielfach bemerkt, ist sowohl die Achsenstellung als die Exzentrizität der Planeten veränderlich. Hier erkennt man im Zusammenhange, warum z. B. mit der allmäligen Abnahme der Schiefe der Ekliptik auch die Exzentrizität der Erde abnehmen muss. Indem seit Beginn unserer Zeitrechnung die Schiefe um 15 Minuten und seit 6000 Jahren beinahe um einen Grad abgenommen hat, rücken die Wendekreise um den gleichen Betrag gegen den Aequator und die Polarkreise gegen die Pole. Es hat also die heisse Zone der Erde seit 6000 Jahren um die aüssersten Gürtel abgenommen, deren Ausdehnung je einen Grad oder 15 Meilen oder 111 km betrug; auch die kalten Zonen haben je um einen Gürtel von derselben Ausdehnung abgenommen. Die extremen Zonen, die heisse und die kalten, werden also im Laufe der Zeiten etwas vermindert, die gemässigten Zonen entsprechend vermehrt. Der Unterschied in der Temperatur der je ein Halbjahr begünstigten Polarhalbkugeln wird dadurch um etwas geringer,

wodurch auch der Unterschied im extremen Sonnenabstande vermindert wird. Die Erde kann nämlich im nördlichen Sommer allmälig der Sonne etwas näher, und im nördlichen Winter nicht mehr so nahe treten wie früher.

254. Achsenstellung und Exzentrizität bei dem Erdmond und den Marsmonden. Die Achse der Mondkugel macht mit der Ekliptik einen unveränderlichen Winkel von 88° 31′ 15″ und der Aequator derselben macht also mit der Ekliptik einen Winkel von 1° 28′ 45″. Daraus erfolgt, dass für den Mond die sogenannte heisse und die kalten Zonen sehr klein sind. Die Mondbahn zeigt zu unserer Ekliptik eine Neigung von 5° 8′ 39,96″. Dagegen ist die Neigung des Mondäquators gegen seine eigene Bahn veränderlich, wie diese selbst und kann von 6° 29′ bis 6° 47′ gehen. Die Exzentrizität des Mondes beträgt 0,054908; sein Erdabstand schwankt also zwischen 49000 und 54700 Meilen (364000 bis 406000 km).

Die gleichen Knoten der Ekliptik, der Mondbahn und des Mondäquators, und die Abweichung der Mondbahn von der Ekliptik kommen von den 2 Strudeln. Auch die Exzentrizität des erstarrten Trabanten rührt von dem Doppeleinfluss seiner zwei Hauptkörper her. Der Mond ist ja der Erde in ihrer Bahn bald voraus, bald hintennach; er ist der Sonne bald um einen Mondbahnhalbmesser näher, bald ferner.

Besonders ist hervorzuheben, dass der Mond nicht die selbständig erzeugte Richtung seines nähern Hauptkörpers, der Erde, einschlägt, sondern sich beinahe in der Erdbahn bewegt, d. h. mit dem von der Sonnendrehung bewegten Aetherstrudel. Diese Eigentümlichkeit lässt sich leicht erklären. Die Richtung des Sonnenstrudels muss viel stärker auf den Mond wirken als diejenige des Erdstrudels, weil der Mond als Begleiter der Erde um die Sonne eine etwa 29 mal grössere Geschwindigkeit hat als bei seinem Rundgang um die Erde.

Auch diese Tatsache spricht gegen Newton, indem auf Grundlage der Massentheorie der Mond einen $4^1/_2$ mal grössern Einfluss auf die Erde üben sollte, als auf die Sonne; somit ungekehrt die Erde einen etwa 350 mal grössern Einfluss auf den Mond ausüben sollte als die Sonne.

Wie die Aequinoktialpunkte der Erde, so gehen die Mondknoten gegen die Ordnung der Zeichen von Ost nach West und

vollenden diesen Umlauf in 18 Jahren 218 Tagen 21 Stunden 22 Minuten und 46 Sekunden. Die Punkte der Erdnähe machen aber einen direkten (nicht retrograden) Umlauf in 8 Jahren 310 Tagen 13 Stunden 48 Minuten 53 Sekunden. In Folge dessen beträgt die Länge der verschiedenen Monate:

der drakonische Monat	27 Tage	5 Std.	5 Min.	29 Sek.
der tropische	27	7	43	5
der siderische	27	7	43	11,5
der anomalistische	27	13	21	3
der synodische	29	12	44	2,9

Der drakonische Monat ist die Zeit, welche der Mond von einem Knotenpunkt bis wieder zu demselben braucht. Der tropische Monat ist die Zeit, welche der Mond vom Frühlingspunkt bis wieder dahin verwendet. Im siderischen Monat beschreibt der Mond genau 360° am Himmel. Der Umlauf von der Erdnähe bis wieder dahin zurück heisst der anomalistische Monat. Der Umlauf von einem Lichtwechsel bis zur Rückkehr desselben, also von Vollmond zu Vollmond, wird der synodische Monat genannt.

Da übrigens die Erde verschieden weit von der Sonne absteht und täglich ungleiche Teile ihrer Bahn beschreibt, so sind der siderische und der synodische Monat veränderlich, sogar bis auf einen halben Tag und die Vollmonde des Sommers haben stets geringere Zwischenzeiten als die des Winters.

Die 2 Zwergmonde des Mars stehen etwa um 4° vom Aequator ihres Hauptkörpers ab.

255. Achsenstellung und Exzentrizität bei den Trabanten der Riesenplaneten. Der erste und zweite Jupitermond besitzen fast kreisförmige Bahnen, der dritte hat eine merklich elliptische Bahn mit veränderlicher Exzentrizität, der vierte eine noch langgestrecktere Bahn. Die Exzentrizität des dritten und vierten Mondes wird zu 0,001348 und 0,007243 angegeben. Die Neigung zur Jupiterbahn beträgt vom ersten bis vierten Mond 3° 5′; 3° 4′; 3° 0′; 2° 41′. Aus dieser Betrachtung lässt sich schliessen, dass der innerste Jupitermond in seiner Verdichtung am meisten dem Erdmond gleicht, dass aber die beiden äussern Monde noch mehr eigene Wärme und etwas selbständige Rotationen haben. Es ist dies um so interessanter, als das Sonnenlicht in der Hauptsache allein ihre Atmosphären erwärmen kann.

Es ist sich also nicht zu verwundern, dass die Exzentrizität des dritten und vierten Jupitermondes periodisch veränderlich ist. Im Uebrigen muss die Exzentrizität bei den Monden Jupiters geringer sein als die unsers Erdmondes, weil der Planetenstrudel viel schneller und der Sonnenstrudel bedeutend langsamer ist als bei der Erde. Während also der Erdmond in einem Abstand von 0,0025 Halbmessern der Erdbahn einen siderischen Umlauf in 27⅓ Tagen vollendet, machen der erste bis vierte Jupitermond in einem Abstand von 0,0028; 0,0045; 0,0072 und 0,0126 jener Halbmesser vom Jupiter ihren siderischen Umlauf in 1,769; 3,551; 7,155 und 16,689 Erdentagen. Die Knoten der Jupitermonde gehen ebenfalls rückwärts, beim ersten im Erdenjahr weniger als eine halbe Sekunde; beim zweiten um 12° 5′; beim dritten um 2° 33′ und beim vierten um 41 Minuten. Das Perijovium geht rechtlaüfig und beträgt im Erdenjahr siderisch beim dritten Jupitermond 2° 36′ und beim vierten 42 Minuten.

Die 8 Saturnmonde begleiten ihren Planeten in elliptischen Bahnen. Die Exzentrizität des dritten bis achten wird folgendermassen angegeben 0,01086; 0,00310; 0,00080; 0,02922; 0,125; 0,02844. Wahrscheinlich entwickelt das Sonnenlicht bei mehr als einem noch eigene Wärme. Fast alle diese Trabanten bewegen sich in Ebenen, die von der Ebene des Saturnringes nicht merklich verschieden sind, nur die Bahn des aüssersten besitzt dazu eine Neigung von etwa 12 Grad. Die Ringebene hat nämlich eine Neigung gegen die Ekliptik von 28° 10′; die Ebene der Saturnbahn eine solche von 2° 29′ 36″ und die Ebene des Saturnäquators macht mit der Saturnbahn einen Winkel von 27°. Die mittlere Entfernung vom ersten bis zum achten Saturnmonde beträgt 0,00124; 0,00159; 0,00197; 0,00254; 0,00352; 0,00817; 0,00989; 0,02380 Halbmesser der Erdbahn, vom Mittelpunkte ihres Planeten gerechnet. Sie vollenden ihren siderischen Umlauf in der gleichen Reihenfolge in 0,942; 1,370; 1,888; 2,737; 4,517; 15,945; 21,311; 79,329 Erdentagen. Die jährlichen Aenderungen in den Knoten und im Perisaturnium sind nur beim sechsten Monde bekannt. Die Knoten dieses Mondes gehen im Erdenjahr siderisch um beinahe 50 Sekunden rückwärts und das Perisaturnium geht siderisch um etwa 30 Minuten vorwärts. Zum Schlusse werde noch bemerkt, dass die Monde Saturns in einem innern Zusammenhange mit seinem Ringe stehen.

Wahrscheinlich kann Uranus seinen 4 Trabanten noch eigenes Licht mitteilen, wofür man einige Anhaltspunkte hat. Die Exzentrizität ihrer Bahnen ist nicht mit Sicherheit nachzuweisen. Während die Bahn dieses Planeten die Ekliptik unter einem Winkel von 46 Minuten schneidet, scheint die gemeinsame Bahnebene dieser Trabanten zu der Ekliptik eine Neigung von 97 ° 51 ′ zu haben. Die Entfernungen des ersten bis vierten Satelliten des Uranus betragen vom Mittelpunkt dieses Planeten 0,00128; 0,00179; 0,00293 und 0,00392 Halbmesser der Erdbahn und ihre siderische Umlaufszeit beträgt 2,50383; 5,144181; 8,705897 und 13,463269 Erdentage.

Die Neptunbahn macht mit der Ekliptik einen Winkel von 1 ° 47 ′, ein Beweis, wie in jener fernen Region das Sonnenlicht keine durchgreifenden Veränderungen mehr erzeugt. Der Neptuntrabant zieht seine Bahn unter einem Winkel von 34 ° 7 ′ zur Ekliptik. Dieses Faktum spricht für selbständige Wärme Neptuns, ja Lichteinwirkung des Planeten auf seinen Satelliten und selbständige Bewegung dieses Satelliten. In einem Abstand von 0,00237 Halbmessern der Erdbahn, vom Mittelpunkt seines Planeten, vollendet der Satellit seinen siderischen Umlauf in 5,8769 Erdentagen.

Mit jedem tropischen Rundgang macht der Weltpol des Mondes einen kleinen Kreis von Ost nach West. Der Rückschritt der Mondknoten rührt einzig daher, dass die Strudel der beiden Hauptkörper (und der sich bildende dritte Strudel des Mondes) nicht haarscharf parallele Achsen haben. Dadurch findet eine stete Einwirkung auf den ganzen Strudel eines untergeordneten Weltkörpers statt. Diese Einwirkung vermag die Neigung des betreffenden Strudels nicht zu verändern, weil dieselbe von selbständig mitwirkenden Kräften fortwährend erhalten wird. Indem aber die relative Neigung der einzelnen Strudel unverändert besteht, wird die absolute Stellung der Achse des untergeordneten Weltkörpers derart verändert, dass der Knoten scheinbar rückwärts schreitet. Die Grösse der Präzession muss sich nach der Neigung der beiden (oder der drei) Einwirkungen und der Grösse und Entfernung der Nebenkörper richten. Wie schon einmal erwähnt, ist bei den Monden Jupiters der Einfluss der Sonne bedeutend kleiner als derjenige des Planeten, bei dem Erdmond ist es umgekehrt. Die Schnelligkeit, mit welcher

Jupiter um die Sonne kreist, beträgt in der Sekunde 12 km, und die entsprechende der Erde 29 km. Die Schnelligkeit, mit welcher ein Punkt des Aequators in Folge der Achsendrehung sich bewegt, beträgt bei Jupiter 13 km, bei der Erde 0,45 km. Der Hauptfaktor ist aber die Neigung zwischen der Sonnen- und Planeten- und allfällig Satellitenbahn. Bei Jupiter ist dies Moment unbedeutend.

Mit der Planetennähe eines Satelliten ist dies wesentlich anders. Indem bei der verschiedenen Stellung, welche mit dem Lichtwechsel eines Mondes zusammenfällt, dieser bald einen Antrieb zur Planetennähe, bald zur Planetenferne erhält, und diese Stellung oder diese Einwirkung in der Ordnung der Zeichen fortschreitet, so kann zwar die Planetennähe des Trabanten nicht bei einem jeden Umlauf desselben vollständig umgewandelt, aber doch etwas modifizirt werden und zwar so, dass die Planetennähe in der Ordnung der Zeichen vorwärts geht.

256. Abplattung der Planeten und Trabanten. Wahrscheinlich angeregt durch Cassini's Entdeckung von der sphäroidalen Gestalt Jupiters und durch die Erklärung einiger rätselhafter Erscheinungen, wies Newton zuerst theoretisch nach, dass die Erde ein abgeplattetes Sphäroid sei, wie es die Achsendrehung eines früher flüssigen Weltkörpers mit sich bringe.

Die neue Lehre kann die Grundsätze nicht gutheissen, auf denen die Abplattung der Newtonianer beruhen. Das auffallende Hervortreten des Gesetzes über die Dichtigkeitszunahme und das gänzliche Wegbleiben des Hauptfaktors, der Wärme, können ihr nicht zusagen.

Laplace sagt in seiner Mechanik des Himmels, erster Teil, III: Wenn die Planeten ganz fest wären, so könnten sie beliebige Gestalten haben; aber wenn sie wie die Erde mit einer Flüssigkeit bedeckt sind, so müssen sich alle Teile dieser Flüssigkeit so ordnen, dass diese im Gleichgewicht ist, und die Gestalt ihrer aüssern Oberfläche hängt von derjenigen des Kernes ab, den die Flüssigkeit bedeckt und von den Kräften, welche sie beleben. Wir werden allgemein voraussetzen, dass alle Weltkörper von einer Flüssigkeit bedeckt sind; und mit dieser Hypothese, welche für die Erde zutrifft, wollen wir ihre

Gestalt und das Gesetz der Schwere auf ihrer Oberfläche bestimmen. —

Das ist in soweit ein richtiger Standpunkt, dass man nicht immer nur auf den frühern Zustand zurückgreift, sondern mit den gegebenen Faktoren rechnet. Denkt man z. B. an den Mond, so ist klar, dass zur Zeit seiner ersten Entwicklung der flüssige Zustand massgebend war. Die neue Lehre nimmt an, dass der Mond ursprünglich sonnenhaft gewesen, dass später eine Flüssigkeit seinen Kern bedeckte und dass die Veränderungen, welche jetzt noch an seiner Oberfläche vorkommen, vom heissen Innern herrühren, durch luftförmige und flüssige Stoffe vermittelt werden, die sich dann freilich an der kalten Oberfläche schnell verdichten und absetzen müssen. Diese wenigen Zeilen beweisen, dass die Abplattung nach der Kältetheorie einfacher und natürlicher erklärt werden kann als nach der Massentheorie und einen viel schönern Einblick in die Bildung der Weltkörper gewährt.

Es besteht eine gewisse Wechselbeziehung zwischen der Drehgeschwindigkeit und der Abplattung eines Weltkörpers, soweit dieser zusammenhängende, flüssige oder luftförmige Bestandteile hat. Aber die Drehgeschwindigkeit selbst ist vorerst abhängig von dem Zustand des Weltkörpers, ob er sonnenhaft, erdenhaft oder mondenhaft (heliotisch, geotisch, selenitisch) d. h. ob mit leuchtender, mittlerer oder aüsserst dünner Atmosphäre. Da die letztern schon mehrmals besprochen worden sind, so hebe ich hervor, dass die sonnenhaften Weltkörper ihre Achsendrehung richten einerseits nach dem Hitzegrad, der Mächtigkeit und der Wärmeabgabe (Lichtstrahlung) ihrer Atmosphäre, anderseits nach der Beschaffenheit (Kälte, Lichtabsorption u. s. w.) des rings sie umgebenden Raumes.

Im Uebrigen erwäge man wohl, dass die Versuche, welche man als mustergültig den frühern Berechnungen zu Grunde gelegt hat, eine nussgrosse, rotirende Oelkugel angehen, die von einer andern gleich dichten Flüssigkeit, wie Alkohol- und Wassermischung in Rand und Band gehalten wird. Eine solche flüssige Kugel erträgt eine schnelle Umdrehung und kann sich im Verhältnis ihrer ganzen Grösse ausdehnen. Diese Vorbedingungen treffen aber bei einem grössern Weltkörper nicht zu. Er besteht nicht durch und durch aus demselben Stoffe, hat nicht durch und durch dieselbe Temperatur und kann nicht in einer gleichdichten Flüssigkeit rotiren. Wenn ferner ein

Körper in irgend einem Aetherstrudel mitschwimmt, so entsteht nicht notwendig eine starke Reibung. Im Weitern brauchte es bei dem Anschluss der kalten Aetherschichten eine ungeheure Schnelligkeit, bis ein rotirender Weltkörper einzig durch die Fliehkraft des Aequators in grössere oder kleinere Tropfen versäet würde, wie man aus diesbezüglichen Versuchen (in unserer Atmosphäre geschlossen hat.

Meistens wird mit der Abplattung ein falsches Spiel getrieben. Man sagt nämlich, die jetzige Abplattung der Erde sei das Ergebnis einer frühern Zeit, eines andern Zustandes, eines längst dahingeschwundenen Weltalters. Nein, durchaus nicht. Die wahre Aufgedunsenheit des Aequators hat ihren Grund im jetzigen Wasserspiegel. Das Weltmeer unserer Tage ist am Aequator aufgedunsen und die Ursache muss in der jetzigen Achsendrehung und in den jetzigen Temperaturverhältnissen gesucht werden. Frühere Einflüsse sind nicht ganz ausgeschlossen, da das Festland in seiner Gebirgsbildung deutliche Spuren der frühern Abplattung zeigt (Nr. 207.); aber ja nicht des Urzustandes, von dem man eigentlich die Abplattung sonst ableitet und auf welchen sich die Berechnungen stützen.

Auch in diesem Punkt muss die Stabilität abgestreift werden. Einst mochten die Flüssigkeiten gleichmässiger über die ganze Oberfläche der Erde verteilt sein. Der Planet war heisser und hatte eine erwärmungsfähigere Atmosphäre. Dann musste eine schnellere Achsendrehung stattfinden, eine grössere Abplattung eintreten. Jetzt hat die Erde eine kleinere Atmosphäre und das wärmeausgleichende Weltmeer. Allmälig wird bei grösserer Kälte und langsamerer Achsendrehung ein Teil des Meeres sich in die Polargegenden zurückziehen und der Dunst sich vorzugsweise daselbst zum ehernen Schlafe niederlegen, bis die jetzige Abplattung ausgeglichen ist.

Der Mond hat offenbar seinerzeit in sonnen- und erdenhaftem Zustand andere und schnellere Drehungen ausgeführt. Er zeigte damals auch entsprechende Abplattung. Allein mit der fortschreitenden Verdichtung seiner Oberfläche trat eine Verlangsamung seiner Achsendrehung und eine Verminderung der Abplattung ein, indem die Flüssigkeiten seines Kerns gegen die Pole geschoben wurden und der Niederschlag sich daselbst ein für allemal festsetzte, so dass man jetzt keine Spur der Abplattung mehr

bemerkt. Auch Merkur und Venus zeigen keine merkliche Abplattung.

Ueber Mars hat man verschiedene Angaben, weil man wahrscheinlich nur die Wolkengebilde, nicht den eigentlichen Kern sieht. Nach Wilhelm Herschel beträgt die Abplattung $^1/_{16}$, nach Arago $^1/_{45}$, nach Main $^1/_{49}$, nach Hartwig $^1/_{78}$, nach Kaiser $^1/_{110}$, nach Bessel 0.

Die Abplattung Jupiters wird aus dem gleichen Grunde verschieden angegeben. Dominikus Cassini fand $^1/_{15}$, Pound $^1/_{13,4}$, Short $^1/_{14}$, Köhler $^1/_{14,5}$, Schröter $^1/_{12}$, Th. Hussey $^1/_{24}$, Kaiser und Bessel $^1/_{17}$; bei letzterer Abplattung wäre ein Aequatorialhalbmesser etwa 4000 km länger als ein Polarhalbmesser.

Die Abplattung Saturns soll etwa $^1/_{10}$ betragen, nach Kaiser $^1/_{9,2}$. Schröter fand die aüssere Gestalt und die Abplattung Saturns fortwährenden, grossen Aenderungen unterworfen. Begreiflich!

Die Abplattung des Uranus beträgt nach Mädler $^1/_{10}$, nach Otto Struve 0. Arago bemerkt übrigens sehr richtig, dass man vorerst die Lage des Poles oder des Aequators ermitteln solle.

Kapitel 9.

Die Tiden.

257. Widersprüche der bisherigen Theorie. In vielen Punkten erscheint die Theorie der Tiden rätselhaft, sogar unverständlich. Vorerst verwerfe ich die Anziehung der Mondmasse auf die Erde. Ich anerkenne zwar, dass die Tiden vom Monde herrühren, weil sie mit dem Mondentag zusammenhängen, d. h. mit der Zeit von etwa 25 Stunden, innert welcher 2 auf einander folgende Kulminationen des Mondes stattfinden.

In zweiter Linie missfällt mir diese Theorie, weil dabei das Zusammenziehen und Ausdehnen der antipodischen Weltmeere durch besondere Kunstgriffe erklärt wird; denn das Gegenteil liesse sich viel einfacher einsehen.

Nach den Gründen, welche für die Anziehung des Mondes auf die Erde ins Feld geführt werden, müssten nicht nur die

Weltmeere, sondern noch viel eher die Binnenmeere, Seen, Flüsse, ja die Flüssigkeiten jeglicher Art in den Gefässen zur Fluthöhe ansteigen.

Viertens machen sich diese vermutlichen Mondeinflüsse der Tiden langsam geltend. Es ist mehr als sonderbar, dass die Kraft, welche eine 50 Millionen mal grössere Geschwindigkeit haben soll als das Licht, in vielen einzelnen Erscheinungen kaum den Schall überflügelt.

Der Anteil der Sonne an den Tiden will mir auch nicht recht einleuchten. Newton folgerte, dass der Anteil des Mondes zu demjenigen der Sonne sich verhalte wie 4½ : 1. Wenn man anderwärts, z. B. bei der Radlinie des Mondes nachweisen kann, dass der Einfluss der Sonne sich zu demjenigen der Erde verhält wie 29 : 1, so muss man der Sonne auch bei den Tiden einen königlichen Anteil anweisen oder dann sie ganz aus dem Spiele lassen.

Laplace, Exposition des Weltsystems IV, 8, unterscheidet 3 Bewegungen bei den Tiden: 1) solche, die unabhängig sind von der Achsendrehung der Erde, 2) solche, die abhängig sind von der Achsendrehung der Erde und deren Periode ungefähr einen Tag beträgt. — (Rätselhafte Einteilung.) Laplace fährt weiter: und 3) solche, deren Periode ungefähr einen halben Tag beträgt; diese übertreffen in unsern Häfen die andern bedeutend. Letztere kommen vom Mond, die zweiten von der Sonne, und die ersten bestimmen die beständige Bewegung der Atmosphäre von Osten nach Westen, unter dem Namen Passatwind bekannt; die Schwankungen der Atmosphäre spiegeln sich in der Barometerhöhe und ihr Betrag steigt am Aequator bis auf einen halben Millimeter an. — (Ohne Achsendrehung keine Tiden).

Eine eigentl. Sonnenflut anerkenne ich nicht. Laplace redet viel von ihr, z. B. Exposition IV, 11: Man hat aus der Verschiedenheit der Tiden nahe bei den Maxima und Minima auf die Zwischenzeit geschlossen, in welcher diese Maxima und Minima auf die Syzygien folgen und man hat für diese Zwischenzeit beinahe 1½ Tage gefunden, was mit den frühern Beobachtungen vollständig stimmt. Im Augenblick der Syzygien geht die Mondflut der Sonnenflut voraus und erst 1½ Tage später fallen diese beiden Fluten zusammen, indem die Mondflut jeden Tag sich etwas gegenüber der

Sonnenflut verspätet, und dann erzeugen sie das Maximum der Tiden. —

Von der Sonnenflut handelt auch noch eine merkwürdige Stelle der Exposition, IV, 9: Wenn die Erde keinen Mond hätte, ihre Bahn vollständig kreisförmig wäre und in der Ebene des Aequators läge, so hätten wir die Flut stets zur gleichen Stunde. —

Newton hatte für seine Zeit ein reichhaltiges Material, Laplace wirkt bahnbrechend mit seinen Daten für die Beobachtung der Tiden. Seine Theorie ist aber nicht stichhaltig, und widert uns um so mehr an, da er über seine Gegner, Newton, d'Alembert u. s. w. weniger durch ein besseres System, sondern mehr durch aüssern Pomp zu imponiren sucht. In die Einzelnheiten dieses Streites trete ich nicht, ich bemerke nur im Vorbeigehen, dass die Klebrigkeit der Wasseratome, die Trägheit des Meerwassers, die Tiefe der Meere, das Verhältnis der Dichtigkeit zwischen dem Erdkern und dem Meerwasser u. dgl. angerufen werden, gelegentlich die Lücken auszufüllen, die sich zwischen der Rechnung und der Beobachtung ergeben.

258. Fortsetztung, Widersprüche. Als weiteres Beispiel diene Exposition IV, 9: Was die Zwischenzeit der Fluten von einem Tag zum andern betrifft, so bemerkt Newton, dass sie am kleinsten sei in den Syzygien und stetig anwachse von einer Syzygie zur folgenden Quadratur, dass sie im ersten Oktanten einen Mondentag ausmache und in der Quadratur auf ihr Maximum ansteige und hierauf abnehme, mit dem folgenden Oktanten wieder dem Mondentag gleich werde und endlich in der Syzygie wieder ihr Minimum erreiche. Ihr mittlerer Wert ist ein Mondentag, so dass es ebenso viele Fluten gibt als Monddurchgänge im obern und untern Mittagskreis. So wären, nach Newton's Theorie, die Tiden, wenn Sonne und Mond in der Ebene des Aequators wären. Aber die Beobachtung hat gezeigt, dass die höchsten Fluten nicht im Augenblick der Syzygie, sondern $1\frac{1}{2}$ Tage nachher stattfinden. Newton schreibt diese Verspätung der schwankenden Bewegung des Meeres zu, die noch einige Zeit andaure, wenn die Wirkung der beiden Weltkörper aufgehört habe. Die genaue Theorie der Meereswellen, welche durch diese Wirkung erzeugt werden, lässt ersehen, dass ohne zufällige Umstände die höchsten Fluten mit der Syzygie und die niedersten Fluten mit der Quadratur zusam-

menfallen sollten. Also kann ihre Verspätung nach den Augenblicken dieser Lichtgestalten nicht der Ursache zugeschrieben werden, welche ihr Newton anweist; sie hängt, wie die Stunde der Flut eines jeglichen Hafens von Nebenumständen ab. Dieses Beispiel zeigt uns, wie sehr man den wahrscheinlichsten Entwürfen misstrauen muss, wenn sie nicht durch eine strenge Analysis beglaubigt werden.

Indessen kann auch die Betrachtung zweier auf einander gelegter Ellipsoiden die Gezeiten darstellen, insofern man die grosse Achse des Sonnenellipsoides gegen eine bloss gedachte und immer gleich weit von der wirklichen Sonne entfernten Sonne richtet. Die grosse Achse des Mondellipsoides muss gleicherweise gegen einen gedachten, vom wirklichen gleich weit entfernten Mond abstehen; aber in einer solchen Entfernung, dass die beiden gedachten Weltkörper erst $1^1/_2$ Tage nach der Syzygie zusammentreffen.

Diese Betrachtung zweier Ellipsoiden, auf den Fall ausgedehnt, wo die Weltkörper sich in Bahnen bewegen, welche gegen den Aequator geneigt sind, verträgt sich nicht mit der Beobachtung. Wenn der Hafen im Aequator liegt, so hat er um das Maximum der Gezeiten, beinahe gleiche Morgen- und Abendflut, wie gross auch die Deklination der Weltkörper sei; nur wird die Wirkung jedes Weltkörpers im Verhältnis des Quadrates vom Kosinus seiner Deklination zur Einheit vermindert. Wenn aber der Hafen eine Breite hat, so könnten diese beiden Fluten sehr verschieden sein, und wenn die Deklination der beiden Weltkörper der Schiefe der Ekliptik gleich ist, so müsste die Abendflut in Brest etwa 8 mal grösser sein als die Morgenflut. Indessen zeigen die sehr haüfigen Beobachtungen in diesem Hafen, dass dannzumal diese beiden Fluten beinahe gleich sind und ihr grösster Unterschied nicht $^1/_{30}$ ihrer Summe beträgt. Newton schreibt diesen kleinen Unterschied derselben Ursache zu, mit welcher er die Verspätung der Flut vom Augenblick der Syzygie erklärt hatte, nämlich der schwankenden Bewegung des Meeres, welche nach seiner Ansicht einen grossen Teil der Abendflut auf die folgende Morgenflut übertrage und diese beiden Fluten fast gleich mache. Aber die Theorie der Wellenbewegungen des Meeres zeigt, dass diese Erklärung nicht richtig ist. —

Das ist ein Beispiel, wie Laplace die Tiden behandelt. Er hat seine vorgefasste Meinung, darauf bearbeitet er die analyti-

schen Schlüsse und die speziellen Theorien. Wenn's nicht zutrifft, muss ein Nebenumstand herhalten, bis die Rechnung einigermassen stimmt. Wer den Fehler durch einen andern Nebenumstand gut machen will, wird durch irgend eine Spezialtheorie eingeschüchtert.

Gebührende Achtung vor der Analysis! Aber eine wahre Theorie wird in erster Linie von der Natur unterstützt und eine falsche Theorie soll, wenn die Beobachtung nicht klappen will, nicht mit der Analysis sich brüsten. Ist es schliesslich nicht auffallend, dass die Bewegung der Tiden derjenigen des sie erzeugenden Mondes schnurstracks zuwiderlaüft? Die Flut macht ihren Gang von Ost nach West, und der Mond rückt von Westen nach Osten.

259. Der Lichtwechsel des Mondes. Der Mond ist bekanntlich eine dunkle Kugel. Er sendet uns zurückgeworfenes Sonnenlicht zu. Sein Aussehen muss sich also ändern, so wie er uns mehr von der dunkeln oder von der erleuchteten Hälfte zukehrt.

Wenn man Sonne, Mond und Sterne in ihrer gegenseitigen Lage näher ins Auge fasst, so gewahrt man, dass die Sonne jeden Tag scheinbar beinahe um einen Grad von Westen gegen Osten vorrückt und in 365 Tagen einen Kreis durch das Sternenzelt beschreibt. Der Mond geht in der Hauptsache dieselbe Strasse, rückt aber täglich um 13 Grade wirklich gegen Osten vor, und beschreibt somit einen Kreis um das Sternenzelt schon in $27\frac{1}{3}$ Tagen, das ist der siderische Monat. Wenn er aber scheinbar gemeinschaftlich mit der Sonne von einem bestimmten Fixstern aus seine Reise angetreten hat, so findet er bei seiner Rückkehr die Sonne nicht mehr bei dem gleichen Stern, weil sie unterdessen um ca. 27 Grad weiter nach Osten gewandert ist. Er braucht dann noch mehr als 2 Tage, bis er sie eingeholt hat. So kommt es, dass bis zu einer folgenden Begegnung der Sonne und des Mondes oder zu einem synodischen Monat ungefähr $29\frac{1}{2}$ Tage erforderlich sind.

Befindet sich der Mond zwischen Erde und Sonne, so ist er uns unsichtbar, (ausser er stehe gerade vor der Sonnenscheibe) da ja die von der Sonne erleuchtete Hälfte uns abgewendet wird. Das ist Neumond.

In Folge seines Rundganges rückt der Mond immer weiter gegen Osten von der Sonne weg. Es erscheint deswegen ein

kleiner Streifen Licht auf seiner Westseite. Da sich der Mond jeden Tag um etwa 12 Grade des Himmelsäquators von der Sonne entfernt, nimmt der Streifen um ebenso viel Grade der Mondhalbkugel für uns zu. Nach etwas mehr als einer Woche, wenn er von der Sonne um 90° absteht, also in der Quadratur sich befindet, erscheint er als leuchtender Halbkreis. Das ist das erste Viertel.

In einer weitern Woche entfernt sich für die Erdenbewohner der Mond von der Sonne bis auf 180°, bis zur Opposition. Dem entsprechend rückt der beleuchtete Teil des Mondes weiter gegen Osten vor, bis er endlich als voller Kreis erscheint. Das ist der Vollmond.

Von da an nimmt der Mond auf der Westseite im gleichen Verhältnis ab, wie er früher zugenommen hatte, bis er in der 3. Woche die 2. Quadratur erreicht (von der Sonne 270° gegen Osten oder 90° gegen Westen abstehend). Er erscheint dann als leuchtender Halbkreis, dessen gewölbte Seite nach Osten steht. Das ist das letzte Viertel.

In der Folge nimmt der erleuchtete Teil weiter von Westen her ab, die Sichel wird schmäler, bis schliesslich auch die östliche Wölbung erlischt. Die Konjunktion oder der Neumond ist wieder erreicht.

Neu- und Vollmond tragen den gemeinschaftlichen Namen Syzygien. In der Mitte zwischen ihnen und den Quadraturen sind die Oktanten.

Da die Lichtgestalten des Mondes von seiner Stellung zur Sonne abhangen, so werden sie auch von den Stunden bedingt, in denen der Mond auf- oder untergeht. Bei Neumond gehen Mond und Sonne zusammen auf und unter, der Mond steht also bei Tag über dem Horizont, bei Nacht unter demselben. Bei Neumond entbehren somit die Nächte des Mondscheins.

Zur Zeit des Vollmondes geht der Mond auf, wenn die Sonne untergeht. Der Mond leuchtet also die ganze Nacht hindurch.

Nach dem Neumond entfernt sich der Mond jeden Tag etwa 12 Grad gegen Osten von der Sonne und verzögert seinen Untergang jeden Abend um 50 Minuten, im Vergleich zur Sonne, bis er im ersten Viertel um Mitternacht untergeht. Er glänzt also am westlichen Himmel in der ersten Hälfte der Nacht.

Im letzten Viertel steht der Mond um Mitternacht auf und glänzt am östlichen Himmel in der zweiten Hälfte der Nacht.

Im letzten Viertel geht der Mond unserer Erde auf ihrer Bahn um die Sonne voraus, im ersten Viertel hintennach. Im Vollmond ist er um seinen Bahndurchmesser weiter von der Sonne entfernt als im Neumond. Im Vollmond geht er in seinem Rundgang dieselbe Richtung wie die Erde, im Neumond die entgegengesetzte.

260. Beschreibung der Tiden. Ich benutze die Angaben, welche Laplace in seiner Exposition, I, 15 über die Beobachtungen zu Brest mitteilt. Der Hafen in Brest hat nämlich eine günstige Lage, er ist mit dem Meer durch einen weiten und langen Kanal verbunden, der sich endlich zum Hafen erweitert. Die unregelmässigen Meeresbewegungen gelangen sehr abgeschwächt dahin. Weil die Tiden in Brest sehr gross sind, so bilden die zufälligen Abweichungen nur einen schwachen Teil. Die Winde haben nur einen geringen Einfluss: wenn sie nämlich eine Flut erhöhen, so erhöhen sie auch beinahe ebenso die vorhergehende oder nachfolgende Ebbe.

Das Meer steigt und fällt zweimal in jedem Zeitabschnitt, der zwischen zwei auf einanderfolgenden, obern Meridiandurchgängen des Mondes liegt. Der mittlere Zeitabschnitt beträgt 1,035050 Tage und die Zeit zwischen 2 auf einander folgenden Fluten beträgt 0,517525 Tage (12 Stunden 25 Minuten 14,16 Sekunden). Die Ungleichheiten stehen in auffallender Beziehung zu dem Lichtwechsel des Mondes; die Höhe ist am grössten bei Voll- und Neumond, am kleinsten gegen die Quadraturen. Doch findet die höchste Flut in Brest nicht am Tage der Syzygie selbst, sondern 1½ Tage nachher statt. Je mehr das Wasser bei einer Flut steigt, desto mehr fällt es bei der darauffolgenden Ebbe. Wir nennen Fluthöhe die halbe Summe zweier auf einander folgender Fluten über dem Wasserspiegel der dazwischen liegenden Ebbe. Der Mittelwert dieser Fluthöhe beträgt zu Brest in den Syzygien der Frühlings- und Herbstnachtgleiche ungefähr 5½ m; er ist um die Hälfte kleiner in den Quadraturen. Die Deklination oder Abweichung der Sonne und des Mondes haben einen merkwürdigen Einfluss; sie vermindert die Tiden in den Syzygien der Nachtgleichen; sie vermehrt um die gleiche Menge die Tiden in den Quadraturen der Solstitien. Lalande hat diese Meinung in Zweifel gezogen, die Wahrscheinlichkeitsrechnung allein kann diese

wichtige Frage lösen. Wenn übrigens Alles gleich ist, so nehmen die Tiden mit dem Durchmesser und der Parallachse des Mondes zu; aber in einem stärkern Verhältnis. Die Verschiedenheit im Sonnenabstand übt ebenfalls einen Einfluss auf die Tiden, aber einen viel geringern. Es wurde oben gesagt, dass in Brest der Augenblick des Maximums $1\frac{1}{2}$ Tage nach der Syzygie stattfindet. Die Veränderung der benachbarten Fluthöhen ist mit dem Quadrat der Zeit proportional, welche zwischen diesem Augenblicke und demjenigen der dazwischen liegenden Ebbe liegt, auf welche sich die Fluthöhe bezieht. Um den Augenblick des Minimums herum, welches $1\frac{1}{2}$ Tage nach der Quadratur eintritt, ist die Zunahme der Fluthöhe dem Quadrat der Zeit proportional, welche von diesem Augenblicke an verflossen ist: sie ist beinahe doppelt so gross als die Abnahme der Fluthöhe um das Maximum.

Die Deklination oder Abweichung der Sonne und des Mondes haben einen sehr merklichen Einfluss auf diese Veränderungen. Die Abnahme der Tiden um Neu- und Vollmond der Solstitien ist nur ungefähr $\frac{3}{5}$ der betreffenden Abnahme um Neu- und Vollmond der Nachtgleichen; die Zunahme der Tiden um die Quadraturen ist zweimal grösser in den Aequinoktien als in den Solstitien. Aber der Einfluss des Mondabstandes von der Erde ist noch grösser als derjenige der Deklination. Die Abnahme der Tiden bei Neu- und Vollmond ist fast dreimal grösser um das Perigeum (Erdnähe) als um das Apogeum.

261. Fortsetzung der Beschreibung. Man beobachtet noch zwischen den Morgen- und Abendtiden kleine Unterschiede, die mit der Sonnen- und Monddeklination zusammenhängen, die aber verschwinden, wenn diese Weltkörper im Aequator stehen. Um sie herauszufinden, muss man die Tiden des ersten und zweiten Tages nach Neu- und Vollmond oder nach den Quadraturen mit einander vergleichen: die dem Maximum oder Minimum nächsten Tiden sind von einem Tag auf den andern sehr wenig verschieden und lassen leicht den Unterschied in den beiden Tiden desselben Tages bemerken. So findet man in Brest, dass bei den Syzygien der Sommersonnenwende die Morgentiden des ersten und zweiten Tages nach der Syzygie beinahe um $\frac{1}{6}$ m kleiner sind als die Abendtiden; sie sind um denselben Betrag grösser in den Syzygien der Wintersonnenwende. Ganz ähnlich übersteigen in den

Quadraturen der Herbstnachtgleiche die Morgentiden des ersten und zweiten Tages nach den Quadraturen die Abendtiden um beinahe $^1/_8$ m, sie sind um den gleichen Betrag kleiner in den Quadraturen der Frühlingsnachtgleiche, wenn die Flut im Augenblick der Syzygie stattfindet.

Hafenzeit: In Brest folgt die Flut des Neu- oder Vollmondes 4 Stunden 16 Minuten 19,2 Sekunden nach Mitternacht oder Mittag und die Flut, welche zu Brest im Augenblick der Quadratur stattfindet, folgt der wahren Mitternacht oder dem wahren Mittag um 8 Stunden 35 Minuten 31,2 Sekunden.

Die nächsten Tiden des Neu- und Vollmondes gehen für jede Stunde, um welche sie früher oder später als die Syzygien eintreffen, um 1 Minute 37,2 Sekunden vor oder nach; die nächsten Tiden der Quadraturen gehen für jede Stunde, um welche sie früher oder später als die Quadraturen eintreffen, um 3 Minuten 0,72 Sekunden vor oder nach.

In den Syzygien und Quadraturen ändern die Stunden der Tiden mit dem Sonnen- oder Mondabstande der Erde und besonders mit dem Mondabstand. In den Syzygien veranlasst jede Minute Zu- oder Abnahme des scheinbaren Mondhalbmessers ein Vor- oder Nachgehen der Flutzeit um 9 Minuten 26,4 Sekunden. Diese Erscheinung ist dreimal kleiner in den Quadraturen.

In den Syzygien der Sonnenwenden tritt die Flut etwa $2^1/_3$ Minuten früher ein; aber um den gleichen Betrag später in den Syzygien der Nachtgleichen. In den Quadraturen der Nachtgleichen dagegen tritt die Flut ungefähr $11^1/_2$ Minuten früher und um denselben Betrag in den Quadraturen der Sonnenwenden später ein.

Man hat ersehen, dass die Verspätung der Tiden von einem Tag zum andern im Mittel 50 Minuten 28,32 Sekunden beträgt. Sie ist am kleinsten um Neu- und Vollmond, wenn die Tiden auf ihrem Maximum sind; und dann beträgt sie nur 39 Mt. 13 Sek. Um die Quadraturen, wenn die Tiden im Minimum sind, ist sie am grössten und steigt auf eine Stunde 14 Mt. 59 Sek. So wird im Eintreffen der Tiden der Unterschied, welcher dem Augenblick der Syzygie und der Quadratur entspricht, und nach dem Vorhergehenden 0,20642 Tage (fast 5 Stunden) beträgt, für die Tiden vermehrt, welche gleicherweise auf diese beiden Mondphasen fol-

gen, und wird beinahe einen Viertelstag gross, wenn man das Maximum und das Minimum der Tiden in Betracht zieht.

Die Verschiedenheit im Sonnen- und Mondabstand der Erde und besonders im Mondabstand übt einen grossen Einfluss auf die Verspätung der Tiden von einem Tage auf den andern. Jede Minute Zu- oder Abnahme am scheinbaren Mondhalbmesser vermehrt oder vermindert diese Verspätung um 6 Mt. 53 Sek. Dieselbe Erscheinung findet in den Quadraturen statt; aber der Betrag ist dreimal geringer.

Die tägliche Verspätung der Tiden ist auch nach der Deklination der beiden Weltkörper verschieden. Im Neu- und Vollmond der Sonnenwenden ist sie beinahe 1½ Minuten grösser als in ihrem Mittel; sie ist um denselben Betrag kleiner in den Nachtgleichen. Dagegen übertrifft sie in den Quadraturen der Nachtgleichen ihre mittlere Grösse um 5¾ Minuten und wird um den gleichen Betrag in den Quadraturen der Sonnenwenden von ihr übertroffen.

Die vorstehenden Resultate sind aus den täglichen Beobachtungen geschöpft worden, welche in Brest von 1807 bis zum jetzigen Augenblick angestellt wurden. (Wahrscheinlich ist das Jahr 1824, kaum 1846 gemeint.) Es war interessant, sie neben die gleichartigen Resultate zu stellen, welche ich (Laplace) aus den Beobachtungen gezogen hatte, die in demselben Hafen im Anfang des letzten Jahrhunderts gemacht wurden. Ich habe alle diese Resultate unter sich beinahe übereinstimmend gefunden, da ihre Unterschiede innerhalb der Grenze der Irrtümer liegen, welche den Beobachtungen anhaften. So ist also in diesem Punkt die Natur, nach einem Jahrhundert Zwischenzeit, sich gleich geblieben.

Es folgt aus dem Vorhergehenden, dass die ungleichen Höhen und Zeitabschnitte der Ebbe und Flut sehr verschiedene Perioden haben: die einen betragen einen halben Tag und einen Tag, andere einen halben Monat und einen Monat, andere ein halbes Jahr und ein ganzes Jahr; andere endlich stimmen mit der Umlaufszeit der Knoten und der Erdnähe der Mondbahn überein, weil ihre Lage als Deklination oder Abstand des Mondes einen Einfluss auf die Gezeiten ausübt.

Diese Erscheinungen finden sich gleicherweise in allen Häfen und an allen Gestaden vor; aber örtliche Verhältnisse, die zwar an den Gesetzen der Tiden nichts ändern, haben einen starken

Einfluss auf ihre Grösse, auf die bestimmte Stunde und auf die Hafenzeit. —

262. Grundzüge der neuen Theorie der Tiden. Wie die Erscheinungen der Schwere, der Elektrizität, der pflanzlichen und tierischen Lebenskraft, sind auch die Tiden eine Wirkung der Wärme, freilich eine indirekte.

Die Sonne erzeugt durch ihre Hitze den Rundgang und die Achsendrehung der Erde. Der Rundgang der Erde ist eine Folge der Achsendrehung ihres Hauptkörpers, der Sonne; aber die Achsendrehung der Erde ist die Folge der Wärmestrahlung der Sonne und der Empfänglichkeit der irdischen Atmosphäre.

Die Achsendrehung der Erde oder der Erdstrudel erzeugt in einem Abstand von $^1/_{20}$ Millionen Meilen auf den 50 mal kleinern Mond einen Rundgang und eine Achsendrehung von je $27^1/_3$ Tagen. Der Rundgang des Mondes geschieht im Aetherstrudel der Erde. Die Achsendrehung des Mondes, welche daraus entsteht, veranlasst einen selbständigen Strudel, der rückwirkend die fernen Gestade der Erde trifft. Er ist die Ursache der Tiden.

Dieser Mondstrudel ist sehr klein; er vermag die Erde nicht zu einer dritten Rotationsbewegung zu bestimmen; aber er kann sie in ihrer eigenen Achsendrehung etwelchermassen beeinflussen.

Erde und Mond sind in ihrer gegenseitigen Bewegung 2 Kugeln zu vergleichen, die durch eine nicht gekreuzte Schnur ohne Ende mit einander verbunden sind. Ihre zugewandten Hälften haben entgegengesetzte Bewegung.

Setzen wir zuerst bei Erde und Mond die einfachsten Verhältnisse voraus, so ergeben sich für einen bestimmten Augenblick auf dem Erdäquator folgende 4 Punkte, die je 90° auseinander stehen: 1) wo der Mond im Zenith, 2) wo er im Westhorizont, 3) wo er im Nadir und 4) im Osthorizont steht. Ich bezeichne sie in der gleichen Reihenfolge mit Z, W, N und O. Durch diese Punkte denken wir uns Meridiane gezogen, d. h. Halbkreise, deren Endpunkte durch die Pole gehen. Dadurch wird die Erde in 4 gleiche Teile zerlegt. Der erste Teil liegt zwischen den Meridianen Z und W, der zweite zwischen W und N, der dritte zwischen N und O und der vierte zwischen den Meridianen O und Z.

Der Mondstrudel wird auf der Oberfläche der Erde verschieden in ihren eigenen Strudel eingreifen. Im 1. und 4. Teil wird

der Mondstrudel dem Erdstrudel zuwiderlaufen, im 2. und 3. Teil werden die beiden Strudel die gleiche Richtung verfolgen. Man beachte aber wohl, dass die Strudel nicht in einem ganzen Teile, z. B. von Z nach W vollständig gleichlaufen. Die entgegengesetzte Strömung beider Strudel erreicht ihr Maximum im Z-meridian (Flut) und sinkt am Aequator und an den Parallelkreisen im 1. und 4. Teil bis zur W- und O-linie auf Null herunter. Das ist die Ebbe, weil die beiden Strudel senkrecht auf einander stehen. Die gleichartige, verstärkende Strömung steigt von den beiden letztgenannten Linien im 2. Teil bis zum N-meridian von Null auf das Maximum und erzeugt ebenfalls eine Flut.

Der entgegengesetzte Mondstrudel kann im 4. Teile vom O-meridian immer stärker auf den Erdstrudel oder auf die Richtung der Achsendrehung einwirken. Er ist gering, kann die Achsendrehung nicht aufheben oder verzögern; aber die leicht verschiebbaren, lockern Teile, Atmosphäre und Meer, etwas aufstauen. Diese Aufstauung beginnt auf der ganzen Länge eines Meridians von einem Pol zum andern, wird stufenmässig vermehrt, bis jeder Punkt dieses Halbkreises um 90° in der Richtung des Parallelkreises vorgeschritten ist. Es dauert somit diese Stauung oder Anschwellung 6 Stunden.

Die Atmosphäre der Erde erzeugt die Achsendrehung und pflanzt sie fort. Sie hat einen vielfältigen Austausch von innen nach aussen, dabei veränderliche Winde und unsichtbare Grenzen. Ihre Bewegungen werden also nicht leicht beobachtet; ihre Regelmässigkeit entzieht sich unsern Blicken. Das Meer hat aber neben der geringen Verschiebbarkeit seiner Teile genaue Grenzen nach aussen und auf die Seiten, weswegen uns seine Anschwellungen nicht entgehen können, indem die Erdveste davon unberührt bleibt und uns einen Massstab für jene gibt.

Aus dieser Betrachtung geht hervor, dass Wasserflächen von grosser Westostausdehnung die Flut erzeugen, indem die schwachen Einflüsse des Mondstrudels die rotirende Luft durchdringen, besonders wenn der Unterschied in der Einwirkung des westlichsten und östlichsten Punktes einen bedeutenden Unterschied ergibt. Wo aber der Mondstrudel auf einer längern, von West nach Ost gehenden Wasserfläche wirken kann, so muss sich eine grössere Flut zeigen, die natürlich nicht von der absoluten Länge, sondern von der Anzahl der Längengrade abhängt.

263. Die Tiden der Syzygien und Quadraturen. Im Z-meridian der Erde erreicht also der Mondstrudel den grössten Einfluss auf die Stauung des Weltmeeres, somit die Flut ihren Höhepunkt. Denken wir uns also im vierten Teil ein Meer von 90° Längenausdehnung, so kann in seinem O-meridian die Ebbe, im Z-meridian die Flut und dazwischen die normale Meereshöhe vorkommen.

Wie kann nun der newtonische Sonneneinfluss sich auf die Tiden erstrecken? — Denken wir uns Sonne, Erde und Mond mit ihren gegenseitigen Bewegungen, so kann uns die frühere Einteilung nichts mehr nützen. Wir verlegen sie beweglich an den Himmel und bringen sie in solche Beziehung zum Mond, dass er stets in der Z-linie verbleibt. Das Verhältnis des Sonnen- und Erdstrudels wird für die verschiedenen irdischen Orte am besten durch die Stunden 1 bis 24 bezeichnet, wobei die Orte von 1 bis 12 Uhr Tag und diejenigen von 12 bis 24 Uhr Nacht haben sollen. Auf der Tagseite laüft der Erdstrudel dem Sonnenstrudel entgegen, auf der Nachtseite laüft er mit dem Sonnenstrudel zusammen.

In allen Lichtgestalten des Mondes laüft der Sonnenstrudel gegen den Erdstrudel an den Orten mit 1 bis 12 Uhr (Höhepunkt 6 Uhr) und begleitet ihn an denjenigen mit 12 bis 24 Uhr (Höhepunkt 18 Uhr). Ist Neumond, so sind Sonne und Mond in der Z-linie. Der gegen die Erde gerichtete Mondstrudel verstärkt überall den Sonnenstrudel auf unserm Planeten. Die grössten Fluten zeigen sich an den Orten mit 6 und 18 Uhr, die tiefsten Ebben an den Orten mit 12 und 24 Uhr.

Ist Vollmond, so steht der Mond in der Z-, die Sonne in der N-linie. Der gegen die Erde gerichtete Mondstrudel wirkt überall dem Sonnenstrudel entgegen. Das Maximum der Flut trifft auf die Orte mit 6 und 18 Uhr, dasjenige der Ebbe auf diejenigen mit 12 und 24 Uhr.

Ist 1. Viertel, so steht der Mond in der Z-, die Sonne in der W-linie. Der gegen die Erde gerichtete Mondstrudel steht dem Erdstrudel entgegen an den Orten mit 12 Uhr, verstärkt ihn an denjenigen mit 24 Uhr, während daselbst der Sonnenstrudel wirkungslos ist. Der fragliche Mondstrudel steht aber senkrecht auf dem Erdstrudel an den Orten mit 6 und 18 Uhr, woselbst Sonnen- und Erdstrudel sich verstärken oder schwächen.

Aehnliche Verhältnisse ergeben sich für das letzte Viertel.

Der Mondstrudel erzeugt also stets eine Zenith- und eine Nadirflut, erstere durch den abschwächenden, letztere durch den verstärkenden Strom, welcher auf die rotirende Erdatmosphäre einwirkt. In den Syzygien wird der Mondstrudel durch den Sonnenstrudel verstärkt zur Vergrösserung sowohl der Flut als der Ebbe. In den Quadraturen steht der Sonnenstrudel senkrecht zu den beiden übrigen Strudeln während der Flut und laüft mit dem Erdstrudel oder gegen denselben während der Ebbe, wodurch diese beiden nicht zur vollen Geltung kommen.

264. Die Verspätung der Tiden. Hat ein irdischer Ort A heute um 6 Uhr Flut, so erreicht er um 12 Uhr Ebbe, um 18 Uhr die 2. Flut und um 24 Uhr die 2. Ebbe. Wenn dieser Ort A bis morgen um 5 Uhr 56 M. einen vollen Kreis beschrieben hat, so steht er noch nicht unter der Z-linie, weil der Mond unterdessen in östlicher Richtung um beinahe 13¹/₄ ⁰ vorgerückt ist. Um diesen Betrag zurückzulegen, braucht A beinahe 53 Minuten. Der Mond steht unterdessen nicht still und kommt um ¹/₂ ⁰ vorwärts. Kurz und gut, um die Z-linie wieder zu erreichen, braucht A einen Sterntag und 54¹/₂ M. oder einen Sonnentag und 50¹/₂ M. Und um den letztern Zusatz wird die Flut jeden Tag verzögert. Erscheinen dem Orte A heute 6 Uhr Sonne, Mond und ein Stern im Meridian, so kulminiren:

	Sonne	Mond		Stern	
morgen	6 U.	6 U.	54¹/₄ M.	5 U.	56 M.
in 7 Tagen	6	11	2	5	32
14	6	16	54	5	4
21	6	22	45	4	36
28	6	4	37	4	8

Die mittlere, tägliche Verspätung der Tiden beträgt also 50¹/₂ Minuten. In den Syzygien fällt sie auf 39 M. herunter und in den Quadraturen steigt sie auf 75 M. Dafür hat die neue Lehre eine einfache Erklärung. In den Syzygien ist die Richtung des Mondstrudels, soweit sie die Tiden erzeugt, gegen den Sonnenstrudel oder mit demselben. In den Quadraturen steht sie senkrecht auf dem Sonnenstrudel. Wenn nun allmälig der Uebergang aus den Quadraturen in die Syzygien stattfindet, so stimmt mit jedem Tag die Richtung des Sonnenstrudels eher mit derjenigen des Mondstrudels. Die Tiden werden grösser und treten

früher ein. Findet dagegen der Uebergang aus den Syzygien in die Quadraturen statt, so gehen die betreffenden Mond- und Sonnenstrudel immer mehr aus einander. Die Tiden nehmen ab und treten langsamer ein.

Warum tritt die Maximalflut der Syzygie und die Minimalflut der Quadratur je $1\frac{1}{2}$ Tag nach diesen Mondphasen ein? Dafür hat die unmittelbar wirkende Massenschwere keinen genügenden Anhaltspunkt. Die neue Lehre hat dafür einen reellen und einleuchtenden Grund. Der Mondstrudel hat im Augenblick der Syzygie oder Quadratur noch nicht die günstigste Richtung zum Erdstrudel, welche sich aus der damaligen Lage des Mondes ergibt. Dasselbe ist auch täglich der Fall mit der Verspätung der Flut in Beziehung auf den Meridiandurchgang des Mondes. Während also Newton der Anziehung eine momentane Wirkung zuschreiben muss, so zeigt die neue Lehre, wie eine je nach den Verhältnissen sehr abweichende Verspätung der täglichen oder monatlichen Tide eintreten muss, weil der Mondstrudel offenbar nur allmälig seinen veränderlichen Einfluss geltend machen kann.

Es ist höchst interessant, hier die Geschichte über die Verspätung der Tiden noch einmal in Erinnerung zu bringen. Newton hatte die Verspätung der Hochfluten ($1\frac{1}{2}$ Tage nach den Syzygien) den Schwankungen des Meeres zugeschrieben. Dieser Grund konnte sich nicht lange halten. In einer Preisschrift der französischen Akademie von 1740 bezeichnete Daniel Bernouilli als triftigere Gründe die Trägheit des Meerwassers und allfällig die Zeit, welche die Wirkung des Mondes zu ihrer Fortpflanzung auf die Erde bedürfe. D'Alembert zog 1746 in einer Preisschrift an den König von Preussen über die Ursache der Winde die Schwankungen der Atmosphäre herbei, so weit sie von Sonne und Mond abhangen. 1775 widerlegte Laplace die langsame Wirkung des Mondes auf die Erde durch die fabelhafte Geschwindigkeit der Gravitation, und da seine Analysis sich mit den gegebenen Gründen nicht begnügte, so verfiel er auf einen neuen Ausweg, die Meerestiefe.

265. Einfluss der Sonnen- und Erdnähe. Die Sonnennähe (31. Dezember oder 1. Januar) oder Sonnenferne (1. Juli) hat einen geringen Einfluss auf die Tiden. Im erstern Fall bewegen sich Erde und Mond zusammen etwas schneller um die Sonne, im letz-

tern Fall etwas langsamer; aber das gegenseitige Verhältnis der beiden die Tiden erzeugenden Strudel bleibt wegen der Taktfestigkeit der Achsendrehung beinahe dasselbe.

Anders steht es mit der Erdnähe und -ferne des Mondes. Der Mondstrudel ist der Hauptfaktor der Tiden. Ob der Mond 364000 oder 406000 km von der Erde absteht, muss einen bedeutenden Unterschied in den Tiden erzeugen. Da die Abstände der Erdnähe und -ferne sich beinahe verhalten wie 7 : 8, so verhalten sich ihre Mondstrudel umgekehrt wie die Quadrate dieser Abstände, also wie 64 : 49 oder annähernd wie 4 : 3.

Laplace hat in seiner Mechanik des Himmels, erster Teil, IV, 28 die Fluthöhe des 1. und 2. Tages nach der Syzygie von 12 Syzygien aus den Jahren 1714, 1715 und 1716 verzeichnet, wo der Halbmesser des Mondes in der Nähe des Perigeums mehr als 16,2 Minuten betrug, und ebenso in 12 Syzygien in der Nähe des Apogeums, wo der Halbmesser des Mondes unter 15,12 Minuten stand. Die mittlere Zahl für die Fluthöhe in der Erdnähe ergibt 6,844 m und in der Erdferne 5,190.

266. Einfluss der Deklination der Sonne und der Mondes. Die Erde macht ihren Rundgang in der sogenannten Sonnenbahn oder Ekliptik, und hat noch ihre Drehung um eine Achse, welche unter einem Winkel von $66^1/_2{}^0$ zur Bahnebene steht. Wir wollen einstweilen nur diese Verhältnisse berücksichtigen und annehmen, der Mond bewege sich in der gleichen Bahnebene.

Gesetzt, es sei Sonnenwende. Ist zugleich Voll- oder Neumond, so trifft der schwächende oder verstärkende Mondstrudel den Erdstrudel unter $180 \pm 23^1/_2{}^0$ oder $360 \pm 23^1/_2{}^0$. Die Syzygialflut wird dadurch klein. Anderseits werden die Tiden der Quadraturen in der Sonnenwende viel günstiger, weil sowohl die Fluten als die Ebben durch den vollen Strudel verstärkt werden.

Gesetzt, es sei Nachtgleiche. Ist zugleich Voll- oder Neumond, so trifft der schwächende oder verstärkende Mondstrudel den Erdstrudel unter den günstigsten Verhältnissen, unter 180^0 oder 360^0; dagegen werden die Tiden der Quadraturen gering, weil die Ablenkung der Strudel ihre Wirkung beeinträchtigt.

Endlich wollen wir noch die eigentliche Mondbahn berücksichtigen, welche um $5^0\ 9'$ von der Ebene der Erdbahn abweicht. Beilaüfig gesagt, ergibt sich diese Abweichung aus dem Umstand,

dass Erde und Mond im Sonnenstrudel sich vorwärts bewegen, und der Mond im Erdstrudel mitgerissen wird. Fällt z. B. der aufsteigende oder absteigende Knoten der Mondbahn mit dem Frühlingspunkt zusammen, so differiren die beiden fluterzeugenden Strudel in den Syzygien der Sonnenwenden oder in den Quadraturen der Nachtgleichen um $23^1/_2 \pm 5^0$, wodurch diese Tiden mehr oder weniger geschwächt werden.

In Brest sind also in den Aequinoktien die Tiden der Syzygien ungefähr doppelt so gross als diejenigen der Quadraturen, ferner die Tiden der Syzygien in den Solstitien etwa $^3/_5$ derjenigen in den Aequinoktien, und endlich die Tiden der Quadraturen in den Nachtgleichen ungefähr doppelt so gross als die in den Sonnenwenden. Nach der newtonischen Theorie sieht man einen Unterschied zwischen den Tiden der Syzygien und Quadraturen ein; aber keineswegs zwischen den einzelnen Tiden der Syzygien oder Quadraturen. Nach der neuen Lehre ist aber einleuchtend, dass die Deklination der Sonne und des Mondes einen merkwürdigen Einfluss auf die Tiden hat, dieselben bald vermehrt oder vermindert, je nachdem der Mondstrudel vom Erdstrudel weniger oder mehr absteht.

267. Angaben über Fluthöhe und Hafenzeit. Im grossen Ozean ist die Flut gering. Die vielen Inseln hemmen dieselbe. Auf den Sandwichinseln beträgt sie 0,75 m, in Tahiti (Gesellschaftsinseln) nur 0,19 bis 0,26 m. An wenigen Inseln erreicht sie 1,8 m, an der Westküste Amerikas 1,2 bis 1,8 m, an der Ostküste Asiens 1,8 bis 3,6 m, an einzelnen Punkten der chinesischen Küste sogar 5,5, in Kochinchina und Siam 2,5 m.

Im indischen Meere steigt die Flut im Golf von Martaban bis 7 m, in Surate (Westküste von Vorderindien) 6,3 m, im Golf von Kambaya 9 bis 10,8 m, im südlichen Teile, bei der Insel Rodriguez, 1,8 m.

Im atlantischen Weltmeere erreicht die Flut am Kap der guten Hoffnung und an Helena nicht vollständig 1 m, an den Azoren und Kanaren $1^1/_2$ bis $2^1/_2$ m, in Portugal 3 bis 3,6 m, in Brest 5,5, an den normännischen Inseln 9 bis 11 m, an der englischen Küste des Kanals 5,5 bis 6 m, im offenen Meere 2,7 bis 3,3 m, an Englands Ostküste 4,5; 5,5 und am Humber 6 m,

auf der andern Seite durch Interferenz bei Liverpool 9 m, bei Fairland 9,9 m, Kingsrad 13,8 und bei Chepstow 18 m. Klein ist die Flut an vielen Vorgebirgen, Arklow, Glyen, Cahore (S. O. Irlands). Der Unterschied zwischen Flut und Ebbe ist etwa 0,9 m, während sonst überall an der Küste 3,6 bis 3,9 m. An der Westküste Jütlands beträgt die Flut etwas zu 2 m, an der Küste Norwegens 2, 4 m, am Nordkap 2,2 m, in Lappland und am Eingang zum weissen Meer 3 bis 3,9 m, im weissen Meer 1,15 bis 1,75 m, in der Mesenbucht 4, 5 bis 5,5 m und an der Westküste von Nowaja Semlia 0,6 m.

An der Ostküste Nordamerikas beträgt die Flut in der Fundybai 12 und mehr m, in Eastport 6 m, in Boston 3 m, in Annapolis (Chesapeakbay) 9 m; im Golf von St. George (Ostpatagonien) und St. Cruz (Magellanstrasse) erreichen die Springfluten 12 bis 15 m.

Binnenmeere haben eine geringe Flut. Im amerikanischen Mittelmeer erreicht die Flut an der Missisippimündung 0,45, im karaibischen Meer bei Kuba 0,3 m. Im Michigansee beträgt bei Chicago die Springflut 0,7, die Nippflut 0,35 m, zu Milwaukee 0,35 und 0,12 m. Das schwarze Meer scheint keine merkliche Flut zu haben. Im Mittelmeer steht die Flut an der egyptischen Küste 0,325, an der spanischen 0,61, an den französischen etwas über 0,30, in Terracina 0,37 m. In Toulon beträgt die Mondflut 0,11, die Sonnenflut 0,06 m, auf Malta die mittlere Flut, 0,12, die Springflut 0,18, die Nippflut 0,03 m. Die Adria liefert folgende Daten. Die mittlere Flut erreicht in Korfu 0,076, Lesina 0,199, Zara 0,145, Fiume 0,256, Pola 0,281, Triest 0,625 m. In der Ostsee ist die Flut an den deutschen Küsten unbedeutend, von Ost nach West zunehmend von 0,01 bis 0,10 m, Wismar hat 0,75, die dänischen Küsten 0,30 bis 0,40 m.

Merkwürdig ist das Verhalten der Flutwelle an der Mündung eines Stromes. Sie tritt in dieselbe ein und schreitet um so schneller vor, je weiter der untere Lauf und je mehr er sich nach oben verengert. Im Amazonenstrom ist sie 150 geographische Meilen von der Mündung bisweilen spürbar, am Lorenzstrom 86 Meilen bis Montreal, bei Quebec ist die Flut noch 6 m. An der Elbe reicht die Flut bis auf etwa 20 g. Meilen (150 km), an der Weser 9 Meilen (65 km).

Durch die Flutströmung in der Nähe des Landes, zwischen Inseln und Meerengen können Wirbel entstehen, wie der Maelstrom bei den Lofoten, die Scylla und Charybdis bei Messina.

Hier folgt, meistens nach Littrow, die Hafenzeit einiger europäischer Seeplätze. Der höchste Wasserstand tritt also ein in der beigesetzten Zeit nach der Mondkulmination des betreffenden Ortes.

Cadix	1 St.	15 M.	Calais	11 St.	15 M.
Bayonne	3	30	Portsmouth	11	40
Lissabon	4	0	Dünkirchen	11	45
St. Malo	6	0	Ostende	0	20
Plymouth	6	5	Vlissingen	1	0
Bristol und Brest	6	25	Cuxhafen	1	5
Cherbourg	7	45	Bremerhafen	1	45
Dublin	9	45	London	2	45
Dieppe	10	30	Amsterdam	3	0
Boulogne	10	40	Berg op Zoom	3	0
Liverpool	11	0	Antwerpen	4	25
Gröningen	11	15	Hamburg	5	0

268. Verschiedene Betrachtungen. Nach Plutarch hatte schon Pytheas von Massilea (— 360) die Tiden der Einwirkung des Mondes zugeschrieben; trotzdem sind heute noch so viele Einzelnheiten unerklärt.

Würde der Mond seinen Rundgang und seine Achsendrehung ohne die Rotation der Erde ausführen, so würden Flut und Ebbe in $27\frac{1}{3}$ Tagen von West nach Ost einen Rundgang um die Erde machen. Da aber die Erde in Tagesfrist von West nach Ost einmal um ihre Achse rotirt, so müssen auch die Tiden in derselben Richtung fortrücken und der Gang des Mondes spiegelt sich nur in ihrer täglichen Verspätung.

Woher mag es rühren, dass die Tiden in mittlern Breiten grösser sind als am Aequator? — Der Mondstrudel bewegt den Aether und die irdische Atmosphäre. Letztere rotirt aus verschiedenen Gründen in höhern Breiten bedeutend langsamer, und deswegen kann eine verhältnismässig kleinere Strömung sowohl abschwächend als verstärkend einen absolut grössern Einfluss ausüben. Damit hängt auch der Einfluss der Winde zusammen, soweit sie von Ost nach West oder umgekehrt gehen. Je nach der Breite können sie influiren. Land- und Seewinde können je nach

der Jahreszeit die Richtung ändern und periodische Verschiedenheiten erzeugen. Daher kann es rühren, dass in Brest bei den Syzygien des Sommersolstitiums die Morgentiden des 1. und 2. Tages nach der Syzygie beinahe $^1/_6$ m kleiner sind als die Abendtiden, und in den Syzygien des Wintersolstitiums um denselben Betrag grösser.

In Singapore kann die tägliche Ungleichheit der Morgen- und Abendfluten bis auf 1,8 m ansteigen, während die mittlern Springfluten nur 2,1 m betragen. Hier treffen sich übrigens zwei Fluten aus dem chinesischen Meer und aus dem Meerbusen von Bengalen. Die täglische Ungleichheit erzeugt vielorts nur eine Flut und eine Ebbe, Nr. 54.

In Vera Cruz (Meerbusen von Mexiko) tritt, besonders bei heftigem Wind, nur alle 3 bis 4 Tage eine Flut ein. Dasselbe geschieht nicht selten an der Südküste von Vandiemensland.

Auf den Freundschafts- und Gesellschaftsinseln ist die Sonnenflut grösser als die Mondflut, so dass bei 2—3 Stunden Unterschied zu Mittag und Mitternacht Hoch- und 6 Uhr Morgens und Abends Tiefwasser eintritt. Die Differenz dieser Tiden übersteigt selten 0,45 bis 0,60 m.

269. Folgerungen aus den Tiden. Bei dieser Gelegenheit erwähne ich noch der Beschleunigung oder Acceleration des Mondes, Hansen hat Mondtafeln berechnet von 1750 bis 1850. Nach diesen theoretischen Berechnungen ist die Bewegung des Mondes in jedem Jahrhundert um 24,36 Bogensekunden grösser als im vorhergehenden. Hansen fand periodische Störungen durch die Planeten, 2 von der Venus, die den Mondort in Perioden von 273 und 239 Jahren um 15″, beziehungsweise 21″ nach beiden Seiten ändern. Adams und Delaunay haben die Rechnung durchgangen und die Beschleunigung obiger 24,36″ auf 12,36″ vermindert. Delaunay fand die 2. Venusstörung statt 21″ nur 0,3″. Im Ganzen bestimmen sie die säkuläre Beschleunigung des Mondes auf 6 Sekunden; Newcomb nach den Beobachtungen von 1850 bis 1880 auf 8 Sekunden. Der Sterntag wäre also $^1/_{3000000}$ Sekunde länger als sein Vorgänger.

Diese Angelegenheit ist noch nicht zu einem befriedigenden Abschluss gelangt, indem sie noch zu viele Widersprüche hat. Die Einen behaupten, es stimme die Beobachtung nicht mit der

Gravitationstheorie. Andere meinen, die Mondtheorie sei unvollständig oder gar falsch, oder dann habe der Sterntag seit dem Zeitalter Hipparch's um den 84. Teil einer Zeitsekunde zugenommen.

Kant hatte zuerst aufmerksam gemacht, dass die Tiden die Rotationszeit der Erde verzögern müssen und in neuerer Zeit wird diese Ansicht von vielen Seiten wieder aufgegriffen.

Ich muss gestehen, dass der betreffende Schluss mir auffält, weil er antinewtonisch ist. Wenn die Schwere die Bewegungen der Weltkörper veranlasst, so müssen sich schliesslich alle Weltkörper einer grössern Weltenfamilie vereinigen. Um das zu verhüten, wurde von Newton der erste Anstoss eingeführt und ihm eine aussergewöhnliche Kraft bis ans Ende aller Zeiten zugeschrieben. Jetzt entdeckt man endlich einen Umstand, welcher trotz aller bisheriger Vorsicht die Weltenfamilie einst vereinigt.

Ich anerkenne die Notwendigkeit, dass in grossen Perioden die Glieder einer Weltenfamilie sich vereinigen. Aber die Tiden beruhigen uns vielmehr. Der Mondstrudel hemmt den Erdstrudel nur auf der zugewandten Hälfte der Erde; aber auf ihrer abgewandten Seite macht er den Schaden wieder gut. Er stört also das Gleichgewicht der Gesamtheit keineswegs. Ja, ich wende den Spiess um und erkläre den Strudel, welcher die Tiden hervorbringt, eher als Mitwirker an der Taktfestigkeit der Achsendrehung, als Regulator und Vermittler extremer Einflüsse und Bewegungen. Dadurch, dass die der Sonne zugewandte Hälfte der Erde dem Sonnenstrudel entgegenlaüft und die Nachthälfte dagegen von ihm unterstützt wird, gleicht sich die ganze Bewegung wunderbar aus.

Noch einen Punkt. Zwei Weltenkugeln mit derselben Bewegung können sich nicht so leicht nähern, wie man nach der newtonischen Theorie glaubt, weil auf den zugewandten Seiten ihre Strudel sich stauen und ihre Bewegungen somit einander zuwiderlaufen. Und das ist die Lösung für die bisher räthselhafte Erscheinung, dass Pallas und Ceres sich bei der Annäherung abstossen.

Ueberhaupt beruhen die sogenannten Störungen der Planeten auf ähnlichen Strudeln, wie wir sie bei den Tiden gesehen haben und es werden sich in der Folge ungeahnte Vereinfachungen und Lösungen zeigen.

Kapitel 10.

Die Kometen.

270. Grundzüge. Das prophetische Wort Seneca's über die Kometen ist noch nicht ganz in Erfüllung gegangen. Wohl sieht man diese Gebilde nicht mehr als die Vorboten grosser Unglücksfälle an; aber sie erscheinen noch ausserordentlich nach Ursprung, Gestalt und Bewegung. Sie gelten als Fremdlinge, die aus andern Weltsystemen zu uns herüberkommen, und unstät und flüchtig durch das Universum ziehen.

Dem gegenüber habe ich eine andere Meinung. Die Kometen sind jugendliche Weltkörper, wie die Planeten vor Jahrmillionen auch einmal gewesen sind, und alle weitern Eigentümlichkeiten hangen mit ihrem Jugendalter zusammen. Allmälig werden sie den Planeten an Gestalt und Bewegung ähnlicher werden. Die Weltkörper haben in ihrer Art eine Metamorphose. Der Komet und der Planet bilden verschiedene Altersstufen, wie der Schmetterling und die Raupe verschiedene Entwicklungsstufen sind. Zweck dieses Kapitels ist es, den Kometen ihre Stellung unter den Weltkörper genau anzuweisen und für sie das Bürgerrecht im Sonnensystem zu beanspruchen.

Kepler hielt die Kometen für ephemäre Erscheinungen, Newton glaubte an ihre allmälige Auflösung. Freilich dachte er, erloschene Sonnen würden wieder weissglühend und leuchtend, wenn Kometen sich hineinstürzen. Laplace hielt sie für Nebelmassen, die in parabolischen Bahnen von einem Sonnensystem zum andern pilgern. Schiaparelli, der uns so wichtige Beziehungen zwischen Kometen und Meteoren gegeben hat, hält die Schweifsterne für eine besondere Klasse Weltkörper, welche die Sonne bei ihrer Eigenbewegung durch die Himmelsraüme begleiten. Manche Philosophen erklärten nebenbei die Kometen für bewohnbar, und dichteten den Bewohnern menschliche Eigenschaften an.

So weit kann ich nicht gehen. Ich betrachte die jetzigen Kometen als die jüngsten Gebilde, welche der Sonne entstiegen sind und noch entsteigen, als die kleinen Planeten der nächsten Zukunft. Die Kometen treten aus dem Dunstkreis der Sonne, verdichten sich verhältnismässig schnell im abkühlenden Aether, welchem sie ihrer Kleinheit wegen nur geringen Widerstand ent-

gegensetzen. Wäre der Sonnenstrudel nicht, so erhielten sie eine nahezu geradlinige Bahn bis in weite Fernen. Sowie die Verdichtung stark vorgerückt ist, fehlt es ihnen an der nötigen Wärme, um selbständig ihre Bahn fortzusetzen; sie werden zur Rückkehr gezwungen, gleich dem verdichteten Regentropfen unsers Dunstkreises. Die Kälte führt also den verdichteten Weltkörper wieder der Sonne zu, beschleunigt seinen Lauf bis in die innern Regionen des Sonnensystems, wo der verdichtete Kern vor der Einwirkung des Zentralfeuers aufschmilzt. Die geschwinde Bewegung des Kometen einerseits und die schnelle Verdunstung seiner der Sonne zugewandten Seite verhindern ihn an einer ausgleichenden Achsendrehung. Der leicht verschiebbare Dunst wird durch den Widerstand des Aethers und durch die Hitze der Sonne auf die Schattenseite des Kometen gedrängt und zu einem Schweif angehaüft. Schliesslich wird der Komet von der Sonne abgestossen, da seine eigenen Dünste das empfangene Sonnenlicht recht wirksam machen. Er sucht wieder die fernen Raüme unsers Sonnensystems auf und die später wieder eintretende Verdichtung gibt ihm die nötige Wärme für seine selbständige Bahn.

Ich will die einzelnen Stadien noch etwas ausführlicher beleuchten.

271. Ursprung der Kometen. Ich glaube, einzelne Kometen entsteigen noch heutzutage dem Dunstkreis der Sonne, nicht stündlich oder täglich, aber zu gewissen Zeiten und an gewissen Orten. In diesen Beziehungen denkt man unwillkürlich an die Sonnenflecken und Protuberanzen, also an ihre Perioden und an die Königszonen. Dabei nehme ich ferner an, dass von tausend und aber tausend Protuberanzen nur dann und wann eine aus dem Schosse der Sonne heraustrete, wobei ausserordentliche Faktoren, wie enorme Explosionen günstig zusammentreffen müssen.

Auf der Erde verbindet sich z. B. ein Gemisch von Chlor und Wasserstoff beim ersten sie treffenden Sonnenstrahl mit gewaltiger Kraft. Das Knallgas, ein Gemisch Wasserstoff und Sauerstoff, verbindet sich aüsserst energisch beim elektrischen Schlag, bei Berührung mit einem glühenden Körper oder im Platinschwamm.

Denken wir uns nun in einem Stockwerke der Sonnenatmosphäre ein geeignetes Gemisch zweier gasartiger Elemente oder Stoffe, die sich bei dem allgemeinen Abkühlungsprozess plötzlich

verbinden und dadurch eine ausserordentliche Hitze erzeugen, so muss die neue Verbindung rasch nach aussen wandern, durch mehrere Stockwerke hindurch. Wasserstoff, der bekanntlich stark explosive Eigenschaften hat, sogar glühender Wasserstoff ist massenhaft vorhanden in den uns offen liegenden Regionen der sogenannten Sonnenoberfläche. Denken wir uns eine kleine Masse einer solchen ausserordentlichen Verbindung nach aussen getrieben, so wird sie in den kältern Stockwerken abgekühlt und zum Stillstehen gebracht. Betrifft es aber eine grössere Masse, so kann die Bewegung um so schneller werden, je grösser der Unterschied in der Temperatur dieser Masse und ihrer Umgebung ist. Die bewegte Masse würde dadurch rings an ihrer Oberfläche bedeutend abgekühlt und verdichtet. Dabei ist gedenkbar, dass der aüssere, etwas abgekühlte Teil dieser Masse mit irgend einem geeigneten Gas wieder eine neue, energische Verbindung einginge, welche die ursprüngliche Bewegung noch verstärken müsste. Immerhin muss man sich hier (und auch bei sich teilenden Kometen) vergegenwärtigen, dass der Sitz der Wärme eben keine feste, dunkle Oberfläche hat wie bei der Erde, sondern ungeheuer heiss und leuchtend ist, und dass sein Licht auch in den höhern Regionen des Dunstkreises noch aüsserst stark wirkt. Wenn nun die Masse gross, die Schnelligkeit bedeutend ist und die Wärme abstossend wirkt, und möglicherweise noch anderweitige, chemische Verbindungen, die mit der Kälte der aüssern Schichten hinzutreten, so kann ein grösserer Gaskomplex, den der aüssere Dunstkreis der Sonne nicht genugsam abzukühlen vermag, ausser den engern Bereich seines ursprünglichen Weltkörpers kommen und auf eigene Rechnung den Verdichtungsprozess weiterführen.

Die aus der Sonne aufsteigenden Protuberanzen, welche zur Zeit des Maximums der Sonnenflecken ebenfalls am intensivsten auftreten, zeigen ganz ähnliche Vorgänge. Ich verweise auf den von Professor Young beobachteten Ausbruch vom 7. September 1871, wobei eine vertikale Geschwindigkeit von 3 geographischen Meilen in der Sekunde und eine Höhe von 45800 geogr. Meilen erreicht wurde. Aehnlich meldet Professor Brooks vom Redhouse-Observatorium zu Phelps in Nordamerika, dass er 1883 eine überaus grosse Menge Sonnenflecken, eine Gruppe von 50000 englischen Meilen im Durchmesser gesehen und daselbst sehr heftige cyklonische Ausbrüche beobachtet habe.

272. Gesetze der Kometenbildung. Ist ein sonnenhafter Weltkörper noch wenig in seiner Verdichtung vorgeschritten, so müssen die ersten sich ablösenden Massen durch mehr Stockwerke wandern, als wenn er später in seiner Verdichtung sehr weit vorgeschritten ist, und sich von seinem aüssern Teile noch Massen ablösen. Daraus ergeben sich 2 wichtige Dinge:

1. In den ersten Zeiten einer Sonne sind Neubildungen schwieriger und seltener, weil wegen der verhältnismässig sehr grossen Atmosphäre mehr günstige Zufälle zutreffen müssen;
2. aber dannzumal können die Neubildungen sich auf grosse Strecken des Hauptkörpers ausdehnen und auch grössere und verschiedenere Teile ins Schlepptau nehmen.

Darum stammen wohl die grossen Planeten aus früher Zeit, während die kleinen Planeten und die Kometen jüngern Datums sind. Die Anzahl der grossen Gebilde ist gering, die der kleinen Gebilde ist Legion. Dass die jetzigen Kometen klein sind, lässt uns erkennen, wie weit die Sonne in ihrer relativen Verdichtung vorgeschritten ist und welcher Abstand bei ihr zwischen ehemals und jetzt besteht.

Es wird aus dieser Betrachtung auch klar, dass im Allgemeinen der Nebenkörper ein kleiner Bruchteil seines Hauptkörpers sein muss. So ist der Riese unter den Planeten, Jupiter, 0,001 der Sonne und der grösste Mond Jupiters (der dritte) 0,00009 seines Planeten.

Die vorliegende Ansicht ist freilich zur Zeit noch Hypothese. Aber ihre Wahrscheinlichkeit ist sehr gross, weil sie auf einer vernünftigen Grundlage beruht, die Einheit aller Weltkörper unsers Sonnensystems bezweckt und endlich auf Vorgänge verweist, welche vor den Augen der Astronomen stattgefunden haben wie die Teilung des Biela'schen und Kruls'schen Kometen, die Bildung von Protuberanzen u. s. w. Auch sind mutmassliche Explosivstoffe in den Kometen und in der Sonnenatmosphäre übereinstimmend nachgewiesen worden. Das Spektroskop zeigt da und dort Kohlenstoff- und Wasserstoffverbindungen.

Ferner ist der genetische Zusammenhang der Kometen und Meteore nochgewiesen und die spektroskopische Untersuchung der Sonne, der Kometen und der Meteore einerseits und die chemische Zergliederung so vieler Meteore bringt uns zu dem Schluss, dass

sämtliche Weltkörper unsers Sonnensystems im Wesentlichen aus denselben Stoffen bestehen. Doch genügt dieser Grund nicht, um die Kometen zu Bürgern unsers Sonnensystems zu stempeln, weil das Spektrum uns zeigt, dass sogar die Fixsterne stoffliche Gemeinschaft mit der Sonne und der Erde zeigen.

Uebrigens widerstrebt es der Natur, den Kometen einen Ursprung aus fremden Weltsystemen anzudichten. Es ist geradezu ein Hohn auf die herrliche Schöpfung. Sollte das Weltall durchweg solche wildfremde Gesellen aufweisen, so müssten wir — trotz eventueller Stabilität — immerwährende Ruhestörung, ja sogar drohende Gefahr befürchten.

Woher kämen denn die Kometen, diese Fremdlinge unsers Sonnensystems? Wenn andere Systeme uns diese sonderlichen Gesellen zuwenden, haben wir dann nicht selbst eine entsprechende Anzahl in jene Systeme gesandt, damit sie Furcht und Schrecken verbreiten? Nichts von allem dem! Es wird die Zeit kommen, wo man die Kometen unter das einzige und allgemeine Weltgesetz stellt, und zum Dank dafür werden sie uns die Geheimnisse offenbaren, wie Weltkörper entstehen, sich verdichten, sich teilen u. s. w.

273. Die Rücklaüfigkeit der Kometen. Der neue Komet ist also eine zusammenhängende Gasmasse, welche verschiedene Stoffe enthält. Er verlässt den feurigen Mutterschoss und tritt in den abkühlenden Aether hinaus. Während seine Stoffe bisher in den dazumal bestehenden Stockwerken des Urkörpers billionenmal ihre Verdunstung und Verdichtung abwechselnd vollzogen, in Jahrmillionen nur eine geringe Temperaturdifferenz erlitten, und bei ihrer enormen Hitze eine ungeheure Spannung auf einander ausübten, so verdichten sie sich in ihrer Isolirtheit im kalten Aether sehr schnell.

Die ursprüngliche Kraft, die dem neuen Weltkörper eine grosse Geschwindigkeit verlieh, hört freilich allmälig auf; aber neue Momente ersetzen sie mehr als genügend. Die Wärme des Neulings setzt sich in Bewegung um. Während früher auf der Sonne alle Stoffe durch die hohe Hitze im Gleichgewicht erhalten wurden, werden jetzt diejenigen Teile, welche in nähere Berührung mit dem Aether kommen, unverhältnismässig erkältet und an Rauminhalt vermindert. Freilich wird die Erkältuug und Verdich-

tung nach innen ausgeglichen, es kommen wieder wärmere Gase an die aüssern Berührungsstellen. Aber sie trifft dasselbe Schicksal. Und wenn der Neukörper ein kleineres Gebilde ist, wie die jetzigen Kometen, so geht die Abkühlung und Verdichtung ziemlich rasch vor sich. Die Schattenseite des Neukörpers wird mehr abgekühlt als die Sonnenseite; jene erfährt besonders den abkühlenden Einfluss des Aethers, diese besonders den erwärmenden Einfluss der Sonnenstrahlen. Die zwei Einflüsse geben dem Kometen eine verstärkte, einseitige Bewegung, so dass er sich schnell von der Sonne entfernt.

Andere Einflüsse vorbehalten, ergibt sich also eine gerade und radiale Richtung des Kometen von der Sonne weg. Er macht aber mit den Aetherschichten noch eine Seitenbewegung, welche von der Achsendrehung der Sonne herrührt. Diese Seitenbewegung ist besonders gross in der Sonnennähe; weswegen auch die Kometen sich daselbst schnell drehen müssen.

Aber ich vernehme die Stimme eines Spötters, welcher meint, dass die neue Lehre an demselben Prüfstein zerschelle wie seinerzeit die Wirbel des Kartesianer. Doch nein.

Der Aether verdichtet also ringsum den Neukörper; aber nicht auf allen Seiten gleichmässig. Auf der Seite, von welcher der Aether durch die Sonnendrehung ihm zuwiderlaüft, wird der Komet am allermeisten abgekühlt und verdichtet. Dadurch wird der Neukörper gerade auf die Seite sich hinbewegen, von welcher die Aetherströmung herkommt. Das ist der ungesuchte, einfach aus den natürlichen Verhältnissen sich ergebende Grund für die rücklaüfige Bahn aller Kometen im ersten Stadium, was noch keine Theorie bisher erklärt hat.

274, Form der Kometenbahn in der Sonnennähe. Wäre der aus der Sonne tretende Komet so kalt, wie der ihn umgebende Aether, so würde er passiv in demselben mitschwimmen. Allein die Hitze, die er als Erbteil mitbringt, muss er allmälig abgeben. Dadurch wird sein Volumen vermindert, was mit andern Momenten verbunden, ihn befähigt, ja zwingt, sich dem Sonnenstrahl zu entziehen und die Ferne aufzusuchen. Nun hält man immer noch an dem Satze fest, welcher so viele Jahrhunderte lang die Gelehrten in Spannung erhielt, die Bahnen der Weltkörper müssen Kegelschnitte sein. Es liegt etwas Wahres darin. Aber dass

man im gleichen Atemzuge fortfährt, die Planeten beschreiben Ellipsen und die Kometen entweder Parabeln oder Hyperbeln, das ist weiter nichts als ein altes Vorurteil. Zwar gleicht die Kometenbahn in der Sonnennähe auf den ersten Blick am meisten der Parabel. Und das gibt dann die erwünschte Gelegenheit, um diesen in einigen unwesentlichen Punkten sonderlichen Weltkörpern das Bürgerrecht in unserm Sonnensystem streitig zu machen. Umsonst entpuppen sich immer mehr Kometenbahnen als Ellipsen. Die ursprüngliche Bahn jedes Kometen, heisst es kategorisch, ist eine Parabel, die Planeten können dieselbe durch ihren Einfluss in eine Ellipse verwandeln. Derartige Ausflüchte wären eigentlich den Anhängern von Newton und Laplace nicht erlaubt, weil sie andern, wichtigen Sätzen ihres Systems zuwiderlaufen. Aber man kümmert sich wenig um die Konsequenzen, wenn man schliesslich keinen Ausweg mehr kennt. Kurz und gut, nach wie vor bleibt man bei der unvermeidlichen Parabel.

Es ist dagegen sehr merkwürdig, dass schon Pythagoras lehrte, es bewegen sich die Kometen ähnlich um die Sonne wie die Planeten.

Wie ergibt sich die Ellipsenform der Kometen in der Sonnennähe? Der abstossende Einfluss der Sonnenstrahlen (die furchtbare Erhitzung der Atmosphäre des Kometen durch den nahen Zentralkörper) bestimmt die radial nach aussen gehende Richtung, sowie die Schnelligkeit der Bewegung. Daneben bringt die Strömung des Aethers eine seitliche Gegenströmung hervor, welche mit der Entfernung vom Hauptkörper abnimmt. Das sind die beiden Koordinaten der Kometenbahn. Darin liegt das ganze Geheimnis. Für kleine Strecken der Sonnennähe sind Ellipse und Parabel sich gleich.

275. Der Komet in der Sonnenferne. Wie weit rückt der Neuling vor? Er kann in der Hauptsache nur auf Unkosten seiner eigenen Wärme sich von der Sonne entfernen. So wie seine Verdichtung auf dem Punkte angelangt ist, wo seine verkleinerte Atmosphäre nur wenig von der entfernten Sonne beeinflusst wird und wo er die zur Weiterfahrt benötigte Wärme nicht mehr leicht abgeben und sein Volumen entsprechend vermindern kann, so verfällt er der Herrschaft der Kälte. Zuerst wird er langsamer, dann muss

er — gleich dem Regentropfen unserer Wolke — dem Sitze der Wärme wieder zustreben oder zufallen.

Da innerhalb grosser Weltperioden die Sonnenwärme und die Aetherkälte als beständig angenommen werden können, so lautet die Antwort auf obige Frage summarisch etwa dahin: die Kometen entfernen sich im Allgemeinen sehr verschieden von ihrem Urkörper, je nach der mehr oder weniger vorgeschrittenen Verdichtung dieses letztern und nach der Grösse und Verdichtungsfähigkeit der erstern.

Ueber den letztern Punkt haben wir mehrere wichtige Beobachtungen. Was aber die ersten Punkte betrifft, so muss in unserm Sonnensystem ein wesentlicher Unterschied bestehen zwischen den Neugebilden von ehemals und jetzt, wie er sich bei Doppelsternen und Kometen wiederspiegelt.

Als seinerzeit die Riesenplaneten von der Sonne absprangen, war diese noch nicht so weit in ihrer Verdichtung vorgeschritten, ihre Atmosphäre war noch gewaltiger, ihr Kern noch kleiner. Ihr Licht konnte noch nicht so intensiv wirken; ihre Achsendrehung war langsamer, Der grosse Neukörper wurde zwar von der Sonne beschienen und abgestossen und von der Aetherströmung erfasst. Aber auf seiner Schattenseite konnte der Aether verhältnismässig sich weniger abkühlen, indem die Hitze der innern Masse den Verlust der aüssern Schichten wieder ersetzte. Wenn nämlich die aüssere Masse abgekühlt und einigermassen verdichtet wurde, so fiel sie um ein Stockwerk, während andere heisse Stoffe an ihre Stelle traten; und nachdem sie wieder erwärmt waren, konnten sie den Rückweg wieder antreten. Auf diese Weise geht die Verdichtung und Raumverminderung eines riesenhaften Neukörpers ausserordentlich langsam, so zu sagen unmerklich vor sich und wird die daraus entstehende Bewegung entsprechend gering ausfallen. Da ferner der Neukörper zu seiner Verdichtung einen sehr grossen Umfang hat, so kann er durchaus nicht im Verhältnis der Grösse sich schneller oder weiter entfernen als ein kleiner, aber geschwind sich verdichtender Komet der Neuzeit. Er bewegt sich also weniger in Folge seiner Gesamtverdichtung als in Folge der Wärme, welche die Sonne in der ihr zugewandten Dunstmasse entwickeln kann. Und auch dieser Einfluss war kleiner als heutzutage, erstens wegen der geringen Leuchtkraft der Sonne und zweitens, weil der grosse Nebenkörper die einseitige Wärme durch eine

Achsendrehung ausgleichen konnte und musste. Der Hauptunterschied zwischen den frühern und spätern Neukörpern besteht darin, dass erstere in der Sonnenferne verhältnismässig viel weniger entfernt waren, als letztere sind.

Wie angedeutet, entstehen die grössern Gebilde eines Sonnensystems zu der Zeit, wo der Hauptkörper noch im Anfang des heliotischen Zustandes ist und den Höhepunkt seines Glanzes noch nicht erreicht hat. Wenn der Neukörper in verhältnismässig kurzer Zeit aus dem Stadium der Nebelmasse in dasjenige des ersten heliotischen Zustandes übergeht, so kann er der Ursonne an Grösse und Glanz viel näher kommen, als nach seiner individuellen Ausdehnung zu erwarten stünde. Damit ist das Verhältnis der doppelten und mehrfachen Fixsterne angedeutet. — Bald nach der Teilung des Biela'schen Kometen zeigten die beiden Teile beinahe denselben Glanz.

276. Kometenbahn in der Sonnenferne. Dadurch lösen sich weitere Rätsel. Unser Komet hat nämlich von der ersten Sonnennähe bis zur ersten Sonnenferne eine rücklaüfige Bahn. Auch ist nahzuholen, dass er nicht in der Aequatorialebene verbleibt, wo die Planeten ihren Reigen führen, weil daselbst, besonders in unmittelbarer Nähe der Sonne zu viele heisse Dünste ihn abstossen. In der Sonnennähe ist die eigene Verdichtung des Kometen ein Minimum, die Abstossung durch die Hitze des Hauptkörpers ein Maximum. Dieses Verhältnis schlägt bei kleinen Neukörpern mit der zunehmenden Entfernung allmälig um. Beide Dinge bewirken übrigens eine Entfernung in der Richtung eines Radius des Hauptkörpers. Die Bahn wird aber noch beeinflusst von dem Strudel der Sonne, welcher mit der Entfernung langsamer wird.

Das erste Moment, welches die Abscisse der Bahn ausmacht, ist nerhältnismässig geringer bei grössern Nebenkörpern als bei kleinern. Ich will aber diesen Unterschied hier nicht breit treten, sondern nur hervorheben, dass die Ordinate in in der Sonnenferne immer kleiner werden muss. Die Bahn eines Kometen bildet also in der Sonnenferne nicht eine Kurve, die der Ellipse in der Sonnennähe entspricht. Da die Faktoren für die Ordinate jedes Kometen sich leicht ermitteln lassen, so muss die Kometenkurve in der Sonnennähe der Parabel und Hyperbel zum Verwechseln nahe

kommen, aber gegen die Sonnenferne so abnehmen, dass sie sich immer mehr der Radiallinie nähert, bis der verdichtete Weltentropfen — gleich dem Regentropen unserer Wolke — dem Sitz der Wärme wieder zustreben muss.

Wenn auch in unabsehbarer Ferne, so wird der Komet der Neuzeit noch im innern Teile unsers Sonnensystems zur Rückkehr gezwungen. Der Sonnenstrahl kann seinen kleinen Dunstkreis in grosser Entfernung nicht mehr erwärmen. Der Komet ist also auf sich allein angewiesen. Die Weiterreise ist ihm nur gestattet, wenn er durch die Kälte eine gewisse Menge Wärme abgeben, d. h. wenn er seinen Raum vermindern kann. Sonst bleibt er stationär. Zwei Vorgänge wirken noch auf ihn, die Aetherströmung der Sonne und die Kälte. Erstere würde den Kometen, wenn er nicht die geringste eigene Bewegung hätte, aus der rück- in die rechtlaüfige Bahn hinüberbringen. Wenn es nicht beim ersten Umlauf geschieht, so wird es in einem folgenden, vielleicht beim tausendsten geschehen; immerhin in der Sonnenferne.

Die rücklaüfige Bahn ist eine absolute Notwendigkeit für die Neulinge unter den Kometen, sie wird aber seiner Zeit auf die einfachste Weise geändert. Und es wird eine Zeit kommen, wo man in einem rechtlaüfigen Kometen einen abhanden gekommenen rücklaüfigen wiedererkennt.

Wir sind ausgegangen von einer grossen Weltenperiode der Verdichtung, wo alle fein zerstreute Materie unsers Sonnensystems sich zu einer einheitlichen Ursonne ballte. Dieser Zustand dauert jetzt noch an, ohne anderweitige Hülfsmittel oder abstossende Kräfte kann sich keine Materie in den aüssern Regionen unsers Sonnensystems halten, sie wird gegen den Mittelpunkt gedrängt. Auch hier ist die Kälte und der Zustand des Aethers massgebend.

Bei jener ursprünglichen Verdichtung musste lokale Hitze entstehen, welche isolirten Massen eine selbständige Ablösung gestattete. Wie aber diese ausserordentliche Hitze verbraucht ist, verfällt ein Nebenkörper dem allgemeinen Gesetz: er muss wieder gegen die Ursonne zurückkehren. Freilich hängt die Frist nicht an einzelnen Tagen oder Jahren; aber die Kälte, in deren Gewalt unser Komet in der Sonnenferne gelangt, treibt ihn notwendig wieder der Hitze zu.

277. Der Komet zwischen der Sonnenferne und der Sonnennähe. Durch verschiedene Faktoren ist der Komet verhältnismässig lange in der Sonnenferne gewesen. Er ist über die Massen erkältet und verdichtet worden. Er nähert sich der Sonne. Aber in einer Entfernung, wo er früher mächtig von ihr erwärmt und zur Reise in die aüssern Regionen getrieben wurde, trifft ihn jetzt der Sonnenstrahl wirkungslos. Warum? Auf der Hinreise hatte der Komet eine für die Sonnenstrahlen sehr empfängliche Atmosphäre; auf der Herreise ist sie auf ein Minimum zusammengeschrumpft, also unempfänglich.

Die Annäherung gegen die Sonne war im Aphelium zur Zeit des Wendepunktes höchst langsam, wurde aber mit jeder Zeiteinheit progressiv schneller, wie es das Fallgesetz im Weltenraum mit sich bringt.

Allmälig erreicht die Geschwindigkeit des sich nähernden Kometen einen ungeheuren Grad, im Nu saust er an den grossen Planeten vorbei, er nähert sich der Sonne merklich mit jedem Planetentage. Die Sonnenstrahlen erzeugen mannigfaltige Bewegungen in den empfänglichen Atmosphären der Riesenplaneten. Der verhärtete Komet spürt aber erst eine leise Regung. Auf der Sonnenseite hat sich ein Körnchen um das andere aufgelöst und hat den Dunstkreis vermehrt. Ein Planetentag später. — Welche Veränderung! Mit progressiv steigernder Schnelligkeit stürzt der Komet der Sonne zu. Die verdichteten Stoffe, welche jüngst auf der Sonnenseite des Kometen herumlagen, haben die Fesseln gesprengt und sind mit Macht in den Dunstkreis gestiegen. Der Komet hat der Sonne sein Antlitz abgewendet; doch der gleiche Lockerungsvorgang stellt sich auf der bisherigen Schattenseite ein. Welch Wogen und Fluten! Alles ist in Auflösung begriffen. Er kommt der Sonne immer näher, der Dunstkreis ist verhältnismässig viel grösser als bei den Planeten und wächst immer noch. Die Sonnenstrahlen haben seit kurzem ihre Wirkung verzehnfacht, der feste Grund auf der Sonnenseite schmilzt und verdunstet; Dampfwolken steigen auf.

Wieder ein Planetentag später. — Geschwindigkeit des Kometen, Ausdehnung der Atmosphäre, Wirkung der Sonnenstrahlen; alles vervielfacht! Die Achsendrehung hörte auf. Die Dampfwolken entwickelten sich zu energisch auf der Sonnenseite. Sie wurden zwar in der Höhe von den Sonnenstrahlen intensiv erwärmt

und abgestossen; aber nicht regelmässig auf eine Seite, sondern ungestüm nach allen Seiten, links und rechts, kreuz und quer. Jetzt steigert sich die Hitze ins Unendliche; es findet keine Ausgleichung mehr statt. Es glühen die Hügel der Sonnenseite wie Fackeln: Dampf und Rauch steigen zuerst gegen die Sonne; werden aber abgestossen. Nach allen Seiten gedrängt, vermögen diese heissen Gase der vermehrten Geschwindigkeit des Kometenkerns nicht mehr Schritt zu halten und folgen ihm als Schweif nach.

Wieder ein Planetentag später. — Der Komet wird sich nicht in die Sonne stürzen. Ihre Hitze stösst ihn mächtig ab. Doch bedarf es einer ungeheuren Gegenwirkung, bis die enorme Fallgeschwindigkeit aufgehoben ist. Auch der Sonnenstrudel drängt stark seitwärts, selbst der Schweif wird von ihm und der Sonnenhitze seitwärts gelenkt.

Ich habe etwas hastig einige Momente berührt, einige andere will ich ruhiger behandeln. Während auf der Erde die warmen Dünste in die Atmosphäre steigen und als Regentropfen auf die Oberfläche fallen; während dieses Wechselspiel sich bei uns immer harmonisch ablöst: kann sich die Atmosphäre eines Kometen in der Sonnenähe nicht regelmässig gestalten. Am Kopfe des Kometen, zwischen dem Kern und der aüssern Wolkenmasse, wo der Dunst durchsichtig erscheint, zeigen sich Vorgänge wie auf der Erde. Da wird das warme Gas gehoben. Aber über eine gewisse Höhe hinaus macht sich bei der ungeheuer schnellen Bewegung des Kometen durch die Gegenströmung des Aethers eine so starke Abkühlung geltend, dass die lockern Massen schnell verdichtet werden. In Folge dessen streben sie dem Kerne zu; allein neue heisse Gase steigen mit furchtbarer Macht ihnen entgegen. Die beiden Strömungen der verdichteten und der unverdichteten Stoffe durchdringen sich, schieben das Gemisch nach allen Richtungen seitwärts und bilden den bekannten Schweif, scheinbar ein zusammenhängendes Ganzes, das aber sich nicht mehr organisch zu gestalten vermag, sondern sich in Millionen kleinere Teile auflöst, welche sich einzeln verdichten.

278. Der zur Sonnennähe zurückgekehrte Komet. Wie nahe kann der Komet der Sonne kommen? — Das lässt sich nicht allgemein ausdrücken, das hängt teilweise von seinem Stoffe ab. Jedenfalls kann er sich mit ihr nicht verbinden. Dafür sorgt

einerseits die Intensität des Sonnenlichtes, anderseits der noch mehr oder weniger normal übrigbleibende Teil des Kometen, welcher sehr stark erwärmt wird. Im Uebrigen sind die Brücken abgebrochen, 2 heliotische Weltkörper stossen sich durch gegenseitige Wärmewirkung ab. Je mehr sich der Neukörper dem Urkörper nähern kann, desto mehr wird er luftförmig und erwärmungsfähig, desto stärker wird er schliesslich abgestossen.

Im Weitern zeigt sich: Je schwerer sich die Stoffe des Kometenkerns verflüchtigen lassen, desto näher kommt der Nebenkörper dem Hauptkörper. Je leichter sich die aüssern Schichten des Kerns verflüchtigen, desto früher tritt die Verlangsamung der Bewegung ein und desto grösser wird verhältnismässig der Abstand in der Sonnennähe. Darnach wird auch der Teil der Kometenbahn bedingt, welcher von der Achsendrehung der Sonne herrührt. Je näher der Komet zu der Sonne kommt, desto schneller ist dannzumal sein Betreffnis an der Rundbahn, d. h. desto mehr Grade seiner Bahn legt er in einer bestimmten Zeit zurück.

Mancher Komet behält in der Sonnennähe noch einen kleinern oder grössern Kern; mancher wird vollständig in Dunst und Wolken aufgelöst. In allen Fällen werden grosse Massen chemischer Elemente aus den Verbindungen ausgeschieden, welche sie früher eingegangen sind. Der Neukörper ist seinerzeit bei der Annäherung zur Sonne in eine starke Fallbeschleunigung hineingeraten. Dieselbe wird aber durch das Anwachsen der Dunstmassen und die Leuchtkraft der Sonne immer mehr gehemmt. Endlich treten diese letztern Faktoren in den Vordergrund und der Komet muss die Rückreise in die fernen Regionen unsers Systems antreten und neuerdings den Verdichtungsprozess über sich ergehen lassen.

Es liegt im Bereich der Möglichkeit, dass ein ähnlicher Fall vorkommt wie derjenige, welchem der Komet seine Entstehung verdankt. Er kann bei seiner Verdichtung, also auf seiner Rückreise, durch plötzliche Verbindung zweier Elemente oder Stoffe eine grosse, örtliche Hitze entwickeln, die ihn in 2 Teile sprengt, wie es 1845/6 am Biela'schen Kometen beobachtet wurde. Damit stehen auch andere Erscheinungen in Verbindung, wie die Bildung mehrerer Schweife u. dgl.

Es ist schon mehrmals beobachtet worden, dass die Grösse des Kerns noch abnimmt, wenn der Abstand von der Sonne zu-

nimmt. Dieser Umstand ist leicht zu erklären. Nicht mit dem Moment, wo der Komet die Sonnennähe erreicht, wird die höchste Wärmeentfaltung auf demselben hervorgebracht, sondern eine gewisse Zeit nachher. Immerhin ist der Wendepunkt hier von besonderer Bedeutung, weil damit eine schnelle Entfernung von der Sonne verbunden ist. Die gleichen Erscheinungen treffen wir auf allen Gebieten, wo die Wärme mitpielt, nicht am Mittag ist der Höhepunkt der Tageshitze, nicht am längsten Tage der Höhepunkt der Jahreshitze.

So wie aber auf der Weiterfahrt die Verdichtung des Kometen eintritt, macht sie rasende Fortschritte. Dann erst löst sich das Band zwischen seiner aussergewöhnlichen Atmosphäre und dem Schweif. Letzterer tritt in seiner Gesamtheit als selbständiges Gebilde auf, das sich nicht allzu weit von der Sonne entfernt. Darum ist es sich nicht zu verwundern, dass mehrere der kleinern periodischen Kometen bei ihrer folgenden Rückkehr immer unansehnlicher werden.

279. Allmälige Veränderungen. Die erste Bahnlinie eines Kometen ist das Ergebnis und der Spiegel seiner ersten Verdichtung nach der Grösse und Natur seiner Stoffe, der Wärmewirkung des Hauptkörpers, der Rotation und Kältewirkung des Feinstoffs. Alle Einflüsse sind darin getreulich ausgeprägt. Wer aber meint, diese Bahnlinie sei vollständig regelmässig, wie es z. B. irgend ein Kegelschnitt mit sich bringt, der könnte sich gewaltig taüschen. Ich spreche zwar selbst von einer langgestreckten Ellipse, aber ohne Anspruch auf richtige Bezeichnung. Ihre Ebene schneidet die Erdbahn gewöhnlich unter einem grossen Winkel. Die Bewegung ist notwendig rücklaüfig.

Der Komet besucht also in der Folge abwechselnd die entfernten Regionen unsers Systems und die Nähe der Sonne und wiederholt dementsprechend seine Verdichtung und seine Lockerung.

Nun ist im Allgemeinen ohne Zweifel, dass der Neuling, wenn er zum ersten Mal in die Sonnennähe zurückkehrt, in seiner Gesamtheit mehr verdichtet ist oder eine niedrigere Temperatur hat als im Augenblicke, wo er beim Heraustreten aus dem Hauptkörper in derselben Entfernung war. Darum wird er zum zweiten Mal etwas langsamer erkalten und somit auch langsamer den aüssern Regionen zustreben als das 1. Mal.

Wie sich aus dem Vorhergehenden ergibt, hatte der Neukörper auf seiner ersten Fahrt eher Stoff eingebüsst als gewonnen. Somit hat diesmal eine kleinere Stoffmasse die Verdichtung durchzumachen. Da die übrigen Faktoren sich gleich bleiben, so erhellt mit mathematischer Genauigkeit, dass der Komet das 2. Mal bei einem geringern Sonnenabstand zum Stehen gebracht wird als das erste Mal. Auf dieselbe Weise zeigt man, dass bei der folgenden Sonnennähe der Komet etwas weiter absteht als beim vorhergehenden. Er kommt nicht in so schnellen Fall, weil gleichsam die Höhe geringer ist, die Sonne kann auch früher ihre Wirksamkeit beginnen, weil er diesmal keinen so langen Aufenthalt in den aüssern Regionen durchgemacht hat und nicht so stark abgekühlt ist.

Demgemäss wird der Dunstkreis des Kometen — auch wenn er keine ausserordentliche Einbusse erleiden sollte — in jeder folgenden Sonnennähe kleiner und in jeder folgenden Sonnenferne grösser. Die Lockerung wird geringer in der Sonnennähe, die Verdichtung geringer in der Sonnenferne. Dadurch nimmt der bisherige Einfluss der Sonnenstrahlen in der Sonnennähe ab, in der Sonnenferne zu und gleicht sich allmälig immer mehr aus. Der Nebenkörper wird weniger auf Unkosten seiner eigenen Wärme bewegt als auf Unkosten der Wärmestrahlung seines Hauptkörpers.

So wie die eigene Wärme des Kometen nicht mehr in bedeutendem Masse abgegeben wird oder abgegeben werden kann, tritt seine selbständige Bewegung in den Hintergrund. Jedenfalls muss er der rücklaüfigen Bahn entsagen: er ist nur noch Kometoid. Es ist ein wichtiger Fingerzeig, dass die bis jetzt bekannten innern Kometen sämtlich rechtlaüfig sind, während im Allgemeinen die Hälfte aller Kometen rücklaüfige Bahnen haben.

Indem dieser Ausgleichungsprozess andauert, wird die grosse Achse der Kometoiden immer kleiner, die kleine Achse immer grösser. Die Neigung zur Ekliptik vermindert sich ebenfalls, indem der Sonneneinfluss die Oberhand gewinnt. Die Achsendrehung des Neukörpers, welche schon in den ersten Malen für kleine Zeiten periodisch eintreten musste und für grosse Zeiten unterbrochen wurde, dauert bei jedem folgenden Umlauf länger an und wird regelmässiger. So wie sie während des ganzen Umlaufes den Unterschied zwischen der Sonnen- und Schattenseite ausgleicht, ist der Kometoid zum Planetoiden vorgerückt.

280. Die alten Kometentheorien. Die viel besprochene Ansicht Newton's über die Kometen lässt sich für seine Zeit begreifen. Laplace hat aber den innern Zusammenhang zwischen den Kometen und Planeten verwischt, weil eine einzige negative Grösse hingereicht hätte, seine Stabilität über den Haufen zu werfen. Mädler's Ansicht ist in Nr. 138 mitgeteilt. Sein Wahlspruch bleibt: Jeder Weltkörper bleibt, was er gewesen.

Nach der alten Theorie enthalten die Kometen einen eigenartigen Stoff.

Ich will noch eine Stelle aus Secchi (die Sterne, Seite 335) anführen: Was die Natur der Kometen anbetrifft, so sind dieselben nur Gäste in unserm Sonnensystem und bilden Teile einer Nebelmasse eigentümlicher Art, die wohlbekannte Gase nicht wie die Sternennebel im elementaren Zustande, sondern mit Kohlenstoff verbunden enthält, einem Element, welches man nur in wenigen Sternen angetroffen hat. Ihr Licht ist nicht nur reflektirtes Sonnenlicht, sondern zum Teil auch direktes und eigenes. Zur Erzeugung eines solchen Lichtes ist keine so hohe Temperatur erforderlich, welche ein Glühen oder eine Entzündung der Massen bewirkte, sondern es genügt eine solche Struktur der Moleküle, welche im Stande ist, den Aether in gewisse Schwingungen zu versetzen, wie wir es bei manchen Insekten oder Meertierchen und in andern Beispielen von Phosphorescenz sehen, in denen eine Erzeugung von Licht ohne eine entsprechende Temperaturerhöhung stattfindet. Dieser streitige Punkt findet seine Erledigung in der Uebereinstimmung der Schwingungen des Aethers und der Moleküle der Körper. —

Nachdem sich also die neuern Astronomen überzeugt hatten, dass die Kometen eigenes Licht besitzen, wollte man den betreffenden Vorgang wieder auf unnatürliche Weise entstellen. So unschuldig derartige Erklärungen auch abgegeben werden, können sie die Wahrheit doch gefährden. Wenn der Kohlenstoff in andern Weltkörpern auch vorkommt, wenn das Licht unzähliger Weltkörper auf eine hohe Hitze schliessen lässt, soll man nicht bei der ersten Gelegenheit, wo diese Hitze dem flüchtigen Blick etwas unbequem erscheint, die Analogie verlassen und zu ganz abnormen Dingen seine Zuflucht nehmen.

Die alten Theorien konnten nicht alle Vorgänge der Kometen in der Sonnennähe mit der Anziehung erklären; sie mussten

notwendig eine abstossende Kraft aufsuchen. So sagt Olbers über den Kometen von 1811: Kurz, ich weiss durchaus nicht, woher die Repulsivkraft entsteht, das Bestreben der Schweifmaterie, sich von der Sonne und dem Kometenkern zu entfernen. Genug, die Beobachtung zeigt es deutlich. Man muss an elektrische Vorgänge denken. Ich füge diesem Worte bei: Wenn man die neue Lehre annimmt, so braucht man nicht zwei verschiedene Kräfte, Schwere und Repulsionskraft, sondern einzig die beiden Wirkungen der Wärme.

Ebenso unerklärlich ist nach der alten Lehre, dass die sich auflösende Kometenmaterie auf der Sonnenseite des Kerns zuerst in ihrer eigenen Atmosphäre gegen die Sonne sich bewege und erst hernach auf alle Seiten rückwärts abfliesse. Auch die pendelartigen Bewegungen des Halley'schen Kometen von 1835 waren ein Rätsel.

281. Die neue Kometentheorie. Nach der neuen Theorie sind die Kometen gewöhnliche Weltkörper im Jugendalter, ihr Stoff ist gewöhnlicher Sonnen-, Planeten-, überhaupt Weltenstoff. Mit dem Jugendzustande dieser Weltkörper hangen das eigentümliche Aussehen, die seltsamen Stellungen und Bahnen eng zusammen. Die alten Theorien können mehrere Erscheinungen bei den Kometen, das Selbstleuchten, die Schweifbildung, die rücklaüfige Bahn, die Verschiedenheit in Sonnennähe und Sonnenferne, gar nicht erklären. Nach der neuen Lehre lösen sich diese Rätsel wie von selbst und es steht in sicherer Aussicht, dass die Kometen, sowie sie im Lichte der neuen Lehre beobachtet werden, uns sogar weitere, ungeahnte Aufschlüsse geben werden.

Bruhns hat eine gewisse Periodizität im Erscheinen der Kometen herausgefunden. Merkwürdiger Weise fallen die kometenarmen Jahre gerade mit dem Minimum der Sonnenflecken zusammen, z. B. den Jahren 1800, 1810/1, 1822/3, 1834/5. Daraus liesse sich schliessen, dass in den Jahren der Sonnenfleckenmaxima neue Kometen entstehen würden, was durch solche Beobachtungen verstärkt wird, wo man einen Kometen erst auf dem Wege zur Sonnenferne auffindet (Komet von 1843).

Die neue Lehre bannt auch noch die letzten Reste überspannter Kometenfurcht. Schon darin liegt eine Beruhigung, dass die Schweifsterne nicht mehr fremdartige und ungeheuerliche, son-

dern organische Erscheinungen sind. Aus der nähern Betrachtung ergibt sich weiter, dass je gefährlicher ein Komet ist, desto mehr er von der Planetenstrasse abgelenkt wird. Ein allfälliger Zusammenstoss der Erde mit einem kleinern Kometen hätte ferner nicht so haarstraübende Wirkungen, wie man sie bisanhin ausgemalt hat. Allerhöchstens könnte er selbst grosse Störungen erleiden, sogar bleibend als Trabant oder als einstweiliger Dunstbestandteil annexirt werden.

Die Kometen haben seinerzeit den kartesianischen Wirbeln den Garaus gemacht, aber sie unterstützen die neue Lehre aufs schönste und zeigen einen unverhofften und wunderbaren Zusammenhang aller Weltkörper.

Zum Schlusse noch die Frage: Warum gibt es keine Kometen mit geringer Neigung? — Die alten Theorien lehren, die Kometen kommen aus fremden Weltsystemen. Also sollten sie nicht nur recht- und rücklaüfig sein, sondern in allen möglichen Neigungen erscheinen. Es müsste somit die entsprechende Prozentzahl auch in der Region der Aequatorialzone unserer Sonne vorkommen, und nicht notwendig die Sonnennähe aufsuchen. Die neue Lehre zeigt aber, wie die Kometen als Brauseköpfe aus der Aequatorialgegend unsers Sonnensystems verstossen werden und sehr exzentrische Bahnen haben müssen. Wo liegt nun die Wahrheit?

Kapitel 11.

Kometenähnliche Weltkörper.

282. Die Meteore. Die Sternschnuppen oder Meteore sind unzweifelhaft die abgelösten Teile früherer Kometenschweife. Sie verlassen wohl ihren Hauptkörper, wenn er seine Verdichtung schneller zu vollziehen beginnt und werden als ein diffuses Gemenge vom Sonnenstrudel und auch etwa von den Sonnenstrahlen getrieben und gelenkt. Kommen sie auf ihrer Fahrt in den Bereich der Planeten, beispielsweise in die aüssere Region unsers Dunstkreises, so werden sie vom Erdstrudel ebenfalls erfasst und

durch die Reibung mit der atmosphärischen Luft erwärmt, so dass ihre Massen sich darin teilweise oder gänzlich verflüchtigen und im Kleinen ähnliche Lichterscheinungen zeigen wie die Kometen im Sonnensystem. Bald gewahrt man einen Schweif, bald ein pendelartiges Hin- und Herschwanken, bald ein einfarbiges, bald ein vielfarbiges Licht. Die Meteore sind verschieden nach Richtung und Schnelligkeit, nach der Entzündbarkeit ihrer Stoffe, nach individueller Grösse u. s. w. Kommen sie in den Bereich eines Planeten, Satelliten oder Kometen, so können sie ihre Selbständigkeit verlieren und sich dem andern Weltkörper anschliessen.

Die Meteore sind nach zwei Seiten ausserordentlich wichtig und für die neue Lehre eine Hauptstütze. Sie sind Bindeglieder und Boten zwischen Kometen und Planeten, und zeigen recht auffällig, dass trotz der allgemeinen Schwere die Stoffe eines Weltkörpers nicht absolut verhindert sind, sich vom frühern Verbande abzulösen und später eine neue Gemeinschaft einzugehen. Sie zeigen überraschend, dass es keine Stabilität im Weltraum gibt, sondern dass ansehnliche Weltkörper, wie die Kometen, unter gewissen Umständen bedeutende Teile abgeben können, welche sich auf andern Weltkörpern ablagern, wodurch sich also letztere im Verlaufe der Zeit einigermassen bereichern. Und wenn wir zweitens, gestützt auf diese Beobachtung, den Schluss kecker ziehen dürfen, dass die Kometen die neuern Gebilde der Sonne sind, so werden uns die Meteore die erwünschten Boten und schätzbarsten Kleinodien, welche die Sonne auf dem Wege der Kometenausscheidung und -entwicklung uns einhändigt, um die spektralanalytischen Erscheinungen sogar im Schmelztigel handgreiflich zu bestätigen und zu Forschungen der entferntesten Sternsysteme anzuspornen.

Eine Vergleichung der Elemente auf unserer Sonne (Nr. 101) und der Stoffe unserer Meteore (Nr. 109) zeigt eine auffallende Uebereinstimmung.

Wenn die jetzt allgemein verbreitete Ansicht sich bewährt, dass die Meteore sich aus dem Dunstkreis der Kometen in einzelnen kleinen Stücken abgelöst und gebildet haben, so ist der Umstand höchst wichtig, dass alle diese erwähnten Stoffe dieselbe Dichtigkeit besitzen wie diejenigen, welche unter dem Einflusse der Erde entstanden sind. Man kann also nicht mehr das Märchen auftischen, dass die Schwere abhängig sei von der Masse des

betreffenden Weltkörpers, sondern hat den Beweis in der Hand, dass die Schwere bei der Bildung eines faustgrossen Weltkörpers dieselben Kohärenzerscheinungen hervorbringt wie bei der Erde. Das Weltall gewinnt für uns einen erhöhten Reiz, wenn wir überzeugt sind, dass das oberste Weltgesetz überall gleichmässig wirkt.

283. Die Asteroiden und die neue Theorie. Ich glaube nicht, dass die 245 (März 1885) entdeckten Asteroiden durch die Explosion eines grössern Planeten oder als Teile eines gemeinschaftlichen Ringes entstanden seien. Man hatte sich schon früher über die vermeintliche Lücke zwischen Mars und Jupiter aufgehalten. Kepler hatte schon 1596 dieselbe auszufüllen versucht. Als im Anfang unsers Jahrhunderts die 2 ersten Asteroiden, Ceres und Pallas, entdeckt wurden und der Zufall es so fügte, dass ihr mittlerer Abstand übereinstimmte, verfiel man auf die erstere Ansicht. Da aber allmälig eine grosse Zahl dieser Weltkörper ans Licht gezogen wurden und ihre Mannigfaltigkeit offenbar zu Tage trat, neigte man sich mehr zur zweiten Ansicht hin.

Nach meiner Meinung sind die Kometen Weltkörper im ersten Kindheitsalter. Wenn ihre Bahn mässig elliptisch geworden und ihre Achsenrotation nicht mehr periodisch in ihrem Umlauf unterbrochen wird, so könnte man sie Planetoiden nennen. Da aber letzterer Umstand nicht leicht nachzuweisen ist, so will ich den Vorschlag machen, die Exzentrizität der Bahn als Merkmal zu nehmen und die Grenze 0,5 zu bestimmen. So betrachte ich also die Asteroiden als Weltkörper im zweiten oder reifern Kindheitsalter, als die verdichteten Kometen des unmittelbar frühern Weltalters. Die Asteroiden bilden selbst wieder verschiedene Uebergänge und Verdichtungsstufen, die darin eine gewisse Einheit bekunden, dass sie ihre individuelle Entstehung einem und demselben Weltalter, also ähnlichen Umständen verdanken. Ihr gemeinsames Band ist Alter, Grösse u. dgl., es sind gleichsam Klassengenossen.

Ich wiederhole hier nochmals, alle Planeten haben das Kometenstadium vorerst durchmachen müssen und damit eine übereinstimmende Jugendentwicklung mit Beleuchtung, Verdichtung, Rundbahn u. s. w. Die grössten Planeten sind im Allgemeinen auch die ältesten, die kleinsten die jüngsten. Die grossen Planeten haben, wie die entsprechenden Gebilde anderer Sternsysteme,

nämlich die Doppelsterne zeigen, nicht in so exzentrischer Weise ihre Jugendzeit zugebracht wie ihre kleinern Nachfolger.

Selbstverständlich wurden die Riesenplaneten von der Sonne verabschiedet, als der Stoff zur Erde und zur Venus noch äonenlang am heimischen Herde blieb. Und doch waren die letztern schon weit verdichtet, als Mars und Merkur auf die Wanderung gingen. Von da an dauerte es noch lange, bis die Asteroiden im Kometenkleide ihren Reigen eröffneten.

Die Asteroiden haben gegenüber der Erde folgende, übereinstimmende Merkmale, es sind die Anzeichen ihres verhältnismässig geringen Alters: unbeträchtliche Grösse, bedeutender Sonnenabstand, grosse Exzentrizität, grosse Neigung zur Erdbahn. Uebrigens sind gerade in den beiden letzten Punkten die Asteroiden sehr verschieden, so dass sie in Zukunft noch besonders eingeteilt zu werden verdienen.

284. Angaben über die Asteroiden. Was die Grösse betrifft, so hat der grösste Asteroid, die Vesta, einen Durchmesser von 59 geographischen Meilen (438 km), dann kommt Ceres mit 51 Meilen (378 km) Durchmesser, Pallas mit 36 Meilen (367 km) Durchmesser, Eunomie mit 27 (200 km), Hebe mit 26 (193 km), Juno, Iris und Hygiea mit 25 (185 km), Amphitrite mit 21 (156 km), Lätitia mit 20 (148 km), über 50 Asteroiden mit 20—10 (148—74 km), über 70 mit weniger als 10 Meilen (74 km) Durchmesser, darunter Maja mit 4,4 (32 km) und Echo mit 3,8 Meilen (28 km) Durchmesser u. s. w., wobei noch zu bemerken ist, dass die Grösse von mehr als 90 Asteroiden noch nicht bekannt ist.

Im Weitern ist die Exzentrizität sehr mannigfaltig, was wieder einen Schluss auf ihre Atmosphäre erlaubt; bei Doris 0,7030, bei Aethra 0,4, Eva 0,3467, Polyhymnia 0,3400, Urda 0,3119, Euridice 0,3061, Atalanta 0,3023, bei etwa 40 Asteroiden zwischen 0,3 und 0,2, bei mehr als 90 Asteroiden zwischen 0,2 und 0,1, bei etwa 40 derselben zwischen 0,09 und 0,01, bei Philomela bloss 0,0054.

In Beziehung auf den Sonnenabstand bewegen sich die Asteroiden zwischen Mars und Jupiter, immerhin in sehr verschiedener Entfernung. Im Perihel kann Juno bis auf 29,67 Millionen geographische Meilen (220 Mill. km) der Sonne nahe treten, etwa 30 Asteroiden zwischen 30 und 40 Mill. Meilen (223—297 Mill.

km), gegen 100 derselben zwischen 40 und 50 Mill. Meilen (297 bis 371 Mill. km), über 40 Asteroiden zwischen 50 und 60 Mill. Meilen (371 bis 445 Mill. km), gegen 10 zwischen 60 und 70 Mill. Meilen (445 bis 519 Mill. km). Im Aphel sind Harmonia 47,56 (353 Mill. km), Medusa 47,81 und Austria 49,69 Millionen geographische Meilen von der Sonne entfernt, etwa 70 Asteroiden zwischen 50 und 60 Mill. (371 bis 445 Mill. km), über 70 Asteroiden zwischen 60 und 70 Mill. (445 bis 519 Mill. km), über 30 Asteroiden zwischen 70 und 80 Millionen (519 bis 594 Mill. km); Freya 80,22, Kamilla 80,41, Urda 84,57, Hilda 92,03 Mill. Meilen von der Sonne entfernt.

Die Neigung der Bahn ist ebenso verschieden; sie beträgt bei Massalia 41 Minuten, bei Themis 49 Minuten, bei etwa 60 Asteroiden zwischen 1° und 5°, bei etwa 60 Asteroiden zwischen 5° und 10°, bei mehr als 40 Asteroiden zwischen 10° und 20°, bei etwa 10 Asteroiden zwischen 20° und 30°, bei Pallas 34° 41′.

Die Region, in welcher die Asteroiden sich befinden, hat eine Ausdehnung von 3,03 Sonnenweiten. Sie zerfällt in 3 Hauptringe, deren mittlerer in einer Entfernung von 2,7 Sonnenweiten die meisten Repräsentanten aufweist, während der innere und aüssere Ring in 2,4 und 3,1 Sonnenweiten weniger Glieder haben. — Medusa macht einen Rundgang in der kurzen Zeit von 3,1 Jahren; Hilda dagegen in der mehr als doppelten Zeit von 7,9 Jahren.

Wie eigentümlich diese Bahnen verschlungen sind, können folgende Beispiele zeigen. Maria, Julia, Amphitrite, Sophrosyne, Althäa, Egeria, Asträa, Helena, Abundantia, Dejanira, Pomona, Aegina, Irene und Ate haben dieselbe mittlere Entfernung, 52 Mill. geogr. Meilen (386 Mill, km) von der Sonne; aber die Exzentrizität derselben beträgt in gleicher Reihenfolge 0,065; 0,181; 0,074; 0,117; 0,090; 0,087; 0,186; 0,140; 0,100; 0,220; 0,083; 0,109; 0,163; 0,105. Ihre Neigung beträgt in gleicher Reihenfolge 14° 21′; 16° 11′; 6° 7′; 11° 36′; 5° 52′; 16° 32′; 5° 19′; 10° 11′; 7° 52′; 11° 50′; 5° 29′; 2° 8′; 9° 8′; 4° 57′.

Man kann sich übrigens bei näherer Prüfung der einzelnen Elemente überzeugen, wie verschieden die Asteroiden sind. Ihr Hauptmerkmal ist einstweilen nur der Sonnenabstand. Die grosse Mehrzahl sind nun ächte Planeten. Offenbar haben sie jetzt für die Wärme noch sehr empfängliche Atmosphären, weswegen ihnen ein grosser Sonnenabstand angewiesen ist. Aber bei der fortwäh-

renden Kältewirkung des Aethers müssen diese kleinen Weltkörper die Elemente ihrer Bahnen schneller verändern als die grossen. Deswegen sind die Asteroiden geeignet, den Streit zwischen der alten und neuen Lehre in verhältnismässig kurzer Zeit zu entscheiden.

285. Die Saturnringe. In neuerer Zeit werden die Saturnringe als Mittelstufen (sogenannte Verräter des Bildungsprozesses) der Planeten oder Trabanten dargestellt. Wenn das der Fall wäre, würden wir noch mehr Ringbildungen am Himmel treffen. Lieber pflichte ich der Meinung von Maupertuis bei, welcher die Ringe (damals kannte man nur 2) von einem Kometenschweif ableitete, der sich um Saturn herumgeschwungen habe und so an ihm hängen geblieben sei.

Nach Dr. Andries bestehen die Ringe nicht aus starren, unzusammenhängenden Massen, sondern aus unzähligen kleinen, festen Körperchen, ähnlich den Meteoren, die durch verhältnismässig grosse, leere Zwischenraüme von einander getrennt, sich ähnlich wie die grössern Satelliten um Saturn bewegen, und zwar in Ebenen, die sehr nahe zusammenfallen. Diese Körperchen sind jedoch nicht dicht genug verteilt, um durch ihren Lichtreflex das Aussehen eines zusammenhängenden, starren Ringes hervorzurufen.

Diese beiden Ansichten lassen sich ganz gut vereinigen und zeigen bestimmte Vorgänge, die sich im Kosmos vielfach wiederholen. Die Kometenschweife sind ganz ähnliche Gebilde, eine Unzahl unzusammenhängender Körperchen oder Meteore, die in ihrer Gesamtheit keine Brechung des Lichtes, dagegen eine Art Phasen, das bekannte Flimmern, zeigen. Anderseits kann aber nicht eingesehen werden — wie viel man auch schon darüber gefabelt hat — dass ein Ring sich von einem Urkörper ablöse. Die Kugel ist der Typus für die grossen Weltkörper und für die kleinen Tropfen. Der Ring hat bei keiner genetischen Entwicklung unserer irdischen und kosmischen Dinge eine Verwendung. Er ist eine Ausnahme. Als Weltkörper ist der Ring in fester oder flüssiger Form ungedenkbar, in Gasform könnte er sogar nicht von langer Dauer sein. Einzig als Kometenrest, als Meteorenring hat er Seinesgleichen und passt er in unser Sonnensystem.

Diese Art der Bildung hat auch eine bedeutende Wahrscheinlichkeit für sich. Wie leicht ist es gedenkbar, dass ein von der

Sonne zurückkehrender Komet durch Saturn gezwungen wurde, ihm die Schleppe abzutreten. Wenn ein Kometenkern erleichtert seines Weges zog, konnte der lange Schweif, von dem Planetenstrudel erfasst, seine Bahn um Saturn beschreiben. Entweder konnte das Ende oder sonst ein Teil dieses Schweifes den Anfang wieder erreichen oder vielmehr das Ganze eine mehrfache Spirale bilden, die sich im Laufe der Zeit weiter verdichtet, und deren einzelne Teile sodann unter Funkensprühen seiner Zeit in den Schoss des Planeten niederfallen werden.

Als Beweis für diese Anschauung führe ich die Beobachtungen von Otto Struve an: Die gegenwärtigen Aenderungen des Ringsystems bei Saturn lassen sich in die 3 folgenden Punkte zusammenfassen: 1) Der innere Rand der Ringe nähert sich fortwährend der Planetenkugel. 2) Die Annäherung des innern Randes findet mit einer Zunahme der Gesamtbreite der Ringe statt. 3) Zwischen den Beobachtungen von Dominik Cassini und Wilhelm Herschel hat die Breite des anderaüssersten Ringes stärker zugenommen als die des aüssersten.

286. Beschreibung des Tierkreislichtes. Man sieht bei uns im September und Oktober am Morgen vor Sonnenaufgang, und im Februar und März am Abend nach Sonnenuntergang im Tierkreis einen sonderbaren Schimmer, der seine grösste Stärke erreicht, wenn also der Tierkreis mit dem Horizonte seinen grössten Winkel bildet. Es ist eine Lichtpyramide, deren Basis auf dem Horizonte ruht und deren Spitze je nach der Beschaffenheit der Luft zu verschiedener Höhe ansteigt, sogar manchmal bis zum Zenith reicht. Dieses Tierkreis- oder Zodiakallicht ist in den tropischen Gegenden eine regelmässige Erscheinung, die sich jeden Morgen und Abend zeigt, weil daselbst die Ekliptik immer einen grossen Winkel mit dem Horizont macht. Man sagt also gewöhnlich, dass es eine eigene Bewegung habe, die mit derjenigen der Sonne zusammenfalle, so dass es genau mit ihr die gerade Aufsteigung und die südliche oder nördliche Abweichung ändere.

Alle Beobachtungen stimmen damit überein, dass das Tierkreislicht mit der Sonne im Zusammenhange stehe. Verlängert man seine grosse Achse, so scheint man ziemlich genau auf die unter dem Horizont befindliche Sonne zu kommen. Neuere Messungen von Tupmann haben zwar gezeigt, dass die scheinbare Ebene

des Lichtes nicht durch die Sonne geht, wenngleich dasselbe am Morgen stets der Sonne vorausgeht und am Abend stets nachfolgt.

Liais hat das Zodiakallicht mit dem Polariskop und dem Spektroskop untersucht. Er behauptet, es zeige keine Polarisation und das Spektrum sei kontinuirlich, ohne irgend eine dunkle oder helle Linie. Daraus würde sich ergeben, dass die Materie dieses Lichtes nicht gasförmig, sondern ein Aggregat von festen und staubartigen Körperchen sei, die das Sonnenlicht unregelmässig zurückwerfen. Davon abweichend haben Angström (1867) und Respighi (1871) gefunden, dass das Spektrum dieses Lichtes aus einer einzigen grünen Linie von 556,7 Millionstel mm Wellenlänge besteht, dem nach den Beobachtungen des letztern noch ein kontinuirliches, nach der Linie F hin verlaufendes Spektrum folgt. Dieselbe helle Linie tritt auch im Spektrum des Nordlichtes und der Korona auf, welch letztere zur Zeit einer totalen Sonnenfinsternis die Sonne umgibt. Der in solchen Dingen unermüdliche Secchi meinte, das ganze Phänomen biete den Astronomen noch ein weites Feld der Untersuchung dar, dessen Bearbeitung nicht mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden sei, wohl aber eine längere Aufmerksamkeit, Ausdauer in genauen Beobachtungen und vor allem einen reinen Himmel voraussetzte.

Zum Schlusse will ich noch einige Punkte besonders hervorheben, welche ich durch eigene Beobachtungen in Erfahrung gebracht habe, während darüber noch abweichende Meinungen geaüssert werden. Die Helligkeit des Zodiakallichtes ist von der Durchsichtigkeit der irdischen Atmosphäre abhängig und damit steht auch die Ausdehnung, besonders die Längenausdehnung in Verbindung. Dieses Licht ist bisweilen matt, bisweilen viel glänzender als die hellsten Stellen der Milchstrasse, ja verschwindet nicht bei der mitten in ihr stehenden Mondsichel.

Wetzikon bei Zürich, 19. Februar 1863, Abends 10 Uhr 30 Minuten. Zodiakallicht stärker als Milchstrasse, die Grenzen etwas trübe, allmäliger Uebergang, gelblichweiss, in der Mitte rötlich. 12. März 1863. Zodiakallicht nicht mehr so stark wie früher, gleichmässig an der Achse und an den Rändern, begrenzt von Gamma im Widder und My und Xi im Walfisch, scheint sich in der Nähe der Plejaden zu verlieren; doch glaubt man über den Mars hinaus noch eine Verbindung bis zur Milchstrasse zu sehen (Mars war damals zwischen Aldebaran und Bellatrix, atwa 2 Teile

von ersterm und 3 Teile von letzterm entfernt). Um 8 Uhr 25 Min. Abends ist das Licht immer noch doppelt so stark als die nähere Milchstrasse. 15. März 1863. Abends 7 Uhr 30 Min. Zodiakallicht schimmert durch die Wolkenlücken. 26. Januar 1864, Abends 6 Uhr. Zodiakallicht sehr deutlich, an der Basis stärker als Milchstrasse, nach oben sich im Widder verlierend. 1. Februar 1864, Abends 6 Uhr 15 Min. Es löst sich von der Abendröte ein heller Streifen ab, die Achse erstreckt sich zwischen Pi und Omikron der Fische, grenzt unten an Omega und o der Fische, doch reicht ein leichter Uebergang fast zu Gamma und Alpha des Pegasus; das Licht ist stärker als die Milchstrasse von der Kassiopeja zum grossen Hund und viel stärker als die Milchstrasse von der Kassiopeja zur Leier. 2. Februar 1864, Abends 6 Uhr, noch bedeutende Helligkeit des Abendrotes. 6 Uhr 15 Min., nordwestlicher Teil der Milchstrasse erscheint; 6 Uhr 20 Min. auch das Zodiakallicht. Es ist am Horizont düster, nebelartig, reicht kaum zu Pi und Omikron der Fische; unten über Omega und o der Fische hinaus bis fast zu Alpha und Xi im Pegasus, nicht ganz zu b im Walfisch. 3. Februar 1864. Morgenrot und schönes Abendrot. Abends 7 Uhr 50 Min. Zodiakallicht etwas düster auf seinem untern und mittlern Teile, der obere Teil reicht fast bis zu den Plejaden, noch deutlich in der Ekliptik zwischen Alpha im Widder und den Plejaden. (Milchstrasse sehr hell.) 9. Februar 1864, Abends 7 Uhr. Zodiakallicht sichtbar, ungeachtet der Mondsichel mit prachtvollem Erdschein in der Nähe der Basis; die Spitze nicht viel weiter in der Ekliptik als bis zur Höhe von Alpha im Widder, die Seitenlinie bis an Alpha und Xi im Pegasus. 1. März 1864, 7 Uhr Abends, kein Wölkchen am Himmel, seltene Klarheit, nicht starkes Funkeln, Milchstrasse scharf, Zodiakallicht am Grunde besonders ausgedehnt, bis fast zu den Plejaden reichend, ziemlich stark, bedeutend stärker als die Milchstrasse. (Schon am 25. Februar hatte das Zodiakallicht bis zu den Plejaden sich erstreckt.) 14. Februar 1865. Das Zodiakallicht schwächer, weil Venus in der Nähe flimmert und funkelt.

287. Theorie des Tierkreislichtes. Cassini sagt: Man würde das Tierkreislicht vergeblich suchen in den Zeiten des Jahres, wo die Dämmerung lange dauert, also wenn die Zeichen des Tierkreises in Folge der Schiefe der Ekliptik sich gewissermassen am

Horizont hinziehen und wenn der Mond leuchtet. In Bezug auf Durchsichtigkeit und Farbe kann es nach dem gleichen Astronomen mit einem Kometenschweife verglichen werden, indem man durch dasselbe die kleinsten Sterne ungeschwächt erblickt. Auch glaubte Cassini in denselben ein momentanes Funkensprühen (Auflodern) zu bemerken. Einige Astronomen halten es für einen Bestandteil der Sonne, gleichsam für eine Verlängerung der Korona, andere für einen selbständigen, planetaren Dunst- oder Nebelring, welcher gegen die Ebene der Erdbahn nur wenig geneigt ist, und zwischen der Venus- und Marsbahn frei im Weltenraum sich um die Sonne dreht.

Jemand, der mir nahe steht und als der erste Anhänger der neuen Lehre gelten kann, hat die Erscheinung mehrmals beobachtet und die Grundzüge der folgenden Erklärung veranlasst.

Der innere Teil des Sonnensystems ist überall mit kosmischer Materie, Ueberresten von Kometenschweifen, Meteorringen u. dgl. angefüllt. Ihre einzelnen Körperchen haben bestimmte Lichtphasen, die aber nur ausnahmsweise uns zu Gesicht kommen.

So lange der Mond ziemlich stark leuchtend am Himmel steht, oder die Sonne durch die atmosphärische Strahlenbrechung noch einen Schein am Himmel zeigt, bleibt uns dieser Schimmer verborgen; wenn aber die volle Nacht auf der Erde lagert, und die Sonne etwa zwischen 30 und 80° unter dem Horizont steht, so sehen wir von unserm Standpunkt aus die Lichtphasen derjenigen kosmischen Körperchen, welche von der Sonne günstig beleuchtet werden. Das Zodiakallicht rührt also nicht von einem bestimmten Nebelschweif her, welcher nahe um die Sonne rotirt, sondern von der allgemeinen kosmischen Materie, welche je nach dem Standpunkt für den Beobachter sichtbar ist. Die schimmernden Körperchen sind also um so zahlreicher am Horizont und werden am besten gesehen nach den Höhenkreisen. Am Abend sind diejenigen am Horizont die entferntesten, bis jenseits der Sonne, die höchsten am nächsten. Das Tierkreislicht lässt sich mit einem Regenbogen vergleichen, der von der sichtbaren Sonne und dem fallenden Regen abhängt, und doch in einer enger begrenzten Gegend je nach dem Standpunkt des Beobachters eine andere Richtung oder eine andere Intensität, Entfernung, Ausdehnung und dgl. hat.

Das Zodiakallicht kann von keiner bestimmten Nebelmasse herrühren. Die Bewohner der südlichen Länder sehen es Abends und Morgens, weil die Ekliptik immer einen grossen Winkel mit dem Horizont bildet. Bei uns sieht man es am schönsten Abends in der zweiten Hälfte Februars und in der ersten Hälfte des folgenden Monats, sowie früh gegen die Mitte Oktobers. Aber es darf nicht ausser Acht gelassen werden, dass dieses Licht eben nur im Tierkreis, also in unmittelbarer Nähe der Ekliptik auftritt, Das veranlasst die weitere Annahme, dass die kosmische Materie wohl im ganzen innern Teile unsers Sonnensystems vorkomme, aber besonders stark vertreten, gleichsam angehaüft sei in der Nähe der Ekliptik. Dafür hat man sehr wichtige Gründe. Die grösste Bewegung in unserm System ist eben in der Gegend der Ekliptik, in der Aequatorialzone des Sonnenstrudels. Die kosmischen Materien, welche sich vermöge ihrer eigenen Wärme bewegen, weichen möglichst davon ab. So wie sie aber ihre eigene Wärme eingebüsst haben, so werden sie nach Massgabe des Sonneneinflusses bewegt und rücken in die Hauptebene ein, wo sich auch die hauptsächlicheu Planeten befinden.

Wenn nun erstens die Sonne, zweitens das Zenith und drittens die Ekliptik die bestimmenden Faktoren des Tierkreislichtes bilden, so lässt sich leicht erklären, warum bei uns (um 50° Nordbreite) die günstige Lage für den Abend gegen Anfang März und für den Morgen um Mitte Oktober fällt.

288. Ausserordentliche Dämmerung und braunroter Sonnenkranz seit 1883. Seit November 1883 beobachtet man zu gewissen Zeiten ein auffallend starkes Morgen- und Abendrot und einen braunroten Kranz um die Sonne. Bei trockener Luft ist das gewöhnliche Abendrot eine schöne, gelbe Erscheinung, welche bei 47° n. Br. 20 bis 30 Minuten nach dem horizontalen Sonnenuntergang ihren Höhepunkt erreicht und nachher in leichtes Hochrot übergeht und verglimmt. Unter den gleichen Umständen ist das Morgenrot unansehnlicher und weisslicher. Bei feuchter Luft ist aber das Morgenrot stärker an Umfang und Glanz und geht im Höhepunkt zur hochroten Färbung über. Oft gewahrt man bei der abnehmenden Erscheinung fein gestreifte oder granulirte Wölkchen (kleinste Schäfchen), die kurz nach Sonnenaufgang sich zu Wolkenschleiern verdichten.

Bei der fraglichen ausserordentlichen Dämmerung gewahrte man (z. B. Wetzikon am 30. Nov. 1883 bei einem Maximum des Barometerstandes) schon Morgens 6 Uhr eine auffallend frühe Helligkeit und um 7 Uhr den Höhepunkt eines wunderbar hochroten Morgenglühens und ca. 70 Minuten nach Sonnenuntergang (um 5 Uhr 10 Min.) ein starkes Abendglühen, dessen Spuren noch 20 Min. nachher deutlich zu sehen waren.

Der rotbraune Sonnenkranz wurde Anfang Nov. 1883 von Baron von Seiffertitz in der Provence bemerkt; aber anfänglich als eine Eigentümlichkeit des südlichen Himmels angesehen. Ich gewahrte ihn zuerst bei einer kleinen Fussreise am Nachmittag des 24. Febr. 1884 als einen schmutziggelblichen Flor hinter den einzelnen Wölkchen, die in der Nähe der Sonne standen. Im Hochsommer 1884 wurde er vielfach von den Touristen in den Alpen beobachtet. Im September kehrte er als gewöhnliche Erscheinung wieder und ist bis jetzt (März 1885) geblieben. Je tiefer die Sonne steht, je mehr sie von gewöhnlichen Wölkchen einigermassen abgeschwächt erscheint, desto schärfer ist dieser rotbraune Kranz ausgeprägt. Gegen das Zenith ist er am schmalsten und geht bei hellem Wetter in den auffallend blauen Himmel über, gegen Süden ist er viel weiter ausgedehnt; gegen Sonnenuntergang spielt er in ein eigentümliches Grün über.

Die ausserordentliche Dämmerung und der rotbraune Sonnenkranz haben höchst wahrscheinlich dieselbe Ursache, obgleich bald die eine, bald die andere Erscheinung vorherrscht, je nachdem der Wassergehalt, der Druck u. s. w. des Luftmeeres ihre Eigentümlichkeiten zur Geltung bringen. Am Abend des 2. Nov. 1884 war bei föhniger Luft sogar die Nachbarschaft des Mondes auffallend weisslichgelb.

Gehen wir zum theoretischen Teile über, so zeigt sich in erster Linie eine volle Uebereinstimmung, dass die Ursache dieser Erscheinungen in aüsserst feiner Materie gesucht wird, welche sich oberhalb der gewöhnlichen Dunstschicht, also 30 bis 60 km hoch in der Atmosphäre vorfinde. Ueber Art und Ursprung dieser Materie werden freilich sehr verschiedene Ansichten laut. Die Einen erklären diese Materie als Wasser-, die Andern als Aschenstaübchen; die Einen halten ihren jüngsten Ursprung für kosmisch, die Andern für tellurisch.

Ich stehe zu Lockyer, welcher von Anfang an diese Erscheinungen mit dem vulkanischen Ausbruch des Krakatau in der Sundastrasse in Verbindung gebracht hat, aus folgenden Gründen:

1. Dies ist einer der grossartigsten Ausbrüche in der historischen Zeit, besonders durch seinen ungeheuren Aschenregen. Er begann am 26. August 1883, Abends 5 Uhr; die gewaltigsten Explosionen fanden mutmasslich statt am 27. August, Morgens 5 U. 35 M., 6 U. 50 M., 10 U. 5 M. und 10 U. 55 M. (batavische Zeit). Die anderletzte war die heftigste, welche nicht weniger als $3^1/_4$ mal den ganzen Umfang der Erde durchlaufen hat. Die Schnelligkeit war ungefähr diejenige des Schalles. Um diese Zeit sind die Ausbrüche wahrscheinlich unterseeische geworden. Es entstand eine 300 m hohe Meereswelle, welche sich erst in den fernsten Gestaden der Erde verlor, nachdem sie sich an den verschiedensten Maregraphen einregistrirt hatte. Nicht nur Erdbeben, sondern Lufterschütterungen machten sich bemerkbar, auf 250 km gab es zu Batu Radja in Palembang Risse in die Kaserne der Pradjurits, auf 350 km, zu Palembang selbst mussten verschiedene Regierungsgebaüde gleich geraümt werden, da man ihren Einsturz fürchtete, und auf 830 km in der Plantage Alkmar zu Pasurnan kamen Risse in die Mauer der Wohngebaüde. Der Donner dieser Explosionen wurde gehört auf Ceylon, in Birmah, auf Manila, zu Doreh (Geelvinkbai, Neuguinea), Perth (Westküste von Australien), also auf 30° oder 3000 km. (In Westaustralien wurde auch ein vulkanischer Ausbruch beobachtet).

2. Der Aschenregen erstreckte sich je nach der herrschenden Windrichtung nach Bangkong (250 km), Singapor und Bengkalis (835 und 915 km) und der Kokosinsel (Keelingsisland 1200 km), also auf eine Fläche von mindestens 750000 km². Die graue Asche enthielt 60 bis 70 % Kieselsaüre, 14 bis 16 % Alaunerde, 6 % Eisenoxydul, 4 % Kalk, 4 bis 6 % Soda und etwas Magnesia. Die mikroskopische Untersuchung ergab Glas, Feldspat, Pyroxen und Magnetit. Einzelne Stücke waren gelbbraun, hellgrün, rosa, flaschengrün.

3. Die allerfeinsten Teile Asche und Wasserdampf begaben sich in die höhern Lagen der Luft, blieben schwebend und machten wahrscheinlich die Reise um die Welt. Ihre Anwesenheit wurde bestätigt am

31. August in Nordbrasilien, Venezuela, Trinidad.

1. September Goldküste.
5. September Honolulu (Sandwichinseln).
9. September Indien.
20. September Kap der guten Hoffnung.
9. November London.

4. Mc. Pherson, Geolog in Madrid, hat Anfang Winter 1884 frisch gefallenen Schnee untersucht und darin Hypersthen, Pyroxen, magnetisches Eisen und vulkanisches Glas gefunden. Zwei Forscher zu Wageningen in Holland hamen zu derselben Uebereinstimmung zwischen dem Rückstand, welchen der Regen gelassen und der Krakatauasche.

5. Unter dem Namen Höhenrauch sind schon viele, kleinere, ähnliche Erscheinungen bemerkt worden. Z. B. beim Ausbruch des Katlegiaa (Island) 1755, des Cotopaxi (Südamerika) 1764, und besonders beim Ausbruch auf Island 1783. In Island hatte die Sonne ein ganz rotes Aussehen, und war durch den dicken Rauch kaum sichtbar. Das Ausströmen des Rauches begann Ende April, erreichte seinen höchsten Grad im Juni und Juli und endete im August. Der Höhenrauch erschien zuerst am 24. Mai in Kopenhagen und pflanzte sich mit günstigen Winden weiter südlich. Er zeigte einen eigentümlichen Geruch, eine zum Husten reizende Schärfe, vertilgte vielorts die Insekten auf den Pflanzen und beeinflusste bei grossen Gewitterregen blankes Kupfer und frisch gefärbten Kattun.

Der Haupteinwand, welcher von Dr. Hann gemacht wird, bezieht sich auf die unregelmässige Fortpflanzung und auf das lange Schweben der Staubteile. Darauf lässt sich erwidern:

a. Der Krakatau ist einzig in seiner Art durch seinen furchtbaren Aschenausbruch. Die ungeheure Masse wurde in sehr kurzer Zeit in die Höhe geschleudert, wahrscheinlich Hunderte von km. Da mussten Asche und Wasserdampf herunterfallen innerhalb kurzer Zeit, insofern sie nicht ungemein kleine Staübchen bildeten. Aber letztere können sich Jahre lang halten, weil sie von den verschiedenen Strudeln mitgerissen werden, u. a. auch von dem Mondstrudel, welcher die Gezeiten veranlasst und täglich einmal solche Teilchen nach Ost oder nach West ungefähr mit der Schnelligkeit des Schalles fortreisst.

b. Das ist auch der Grund, dass neben vorherrschenden Winden (damals SO und SW) die Erscheinung nach O und W am

schnellsten sich fortgepflanzt hat, mit einiger Ablenkung, wie es die damalige Monddrehung ergeben musste. Ich will noch einige Angaben dafür machen:

1883. August 20. Stärke der Springflut 1,03,
21. Erdnähe des Mondes,
23. (Vormittag) niedersteigender Knoten,
26. Nidsichgehend in Zwillingen,
27. Uebergang des Mondes in Krebs,
September 1. Neumond,
3. Springflut 0,90,

während das Maximum der Springflut für 1883 am 10. März 1,15 und das Minimum am 1. Dezember 7,9 betrug.

c. Die Dämmerung rührt wahrscheinlich vom feinsten und höchsten Aschenstaub; der Sonnenkranz vom gröbern und niedrigern Staub. Letzterer kam erst später in unsere nördlichen Gegenden und wird schneller niedergeschlagen werden, was die Beobachtungen auf den Bergen lehren. Die Zukunft wird wahrscheinlich zeigen, dass die Dämmerung allmälig an Glanz und Dauer abnimmt, wie sie teilweise schon abgenommen hat. Der Sonnenkranz kann nach der jedesmaligen Jahreszeit der Gewitter noch zunehmen, sowie auch die stärkere Blaüe der übrigen Luft in unsern Gegenden. Doch sind auch seine Tage gezählt.

289. Die aüssern Planeten. Nach der neuen Lehre müssen die Planeten um so weiter von der Sonne abstehen, je empfänglicher ihre Atmosphären für die Sonnenstrahlen sind. Damit steht die schnelle Achsendrehung der aüssern Planeten im engen Zusammenhang. Freilich ist diese Drehung nur von Jupiter und Saturn bekannt und beträgt für erstern 9 Stunden 55 Minuten, für letztern 10 Stunden 14 Minuten; aber die Satelliten des Uranus und des Neptun machen es uns wahrscheinlich, dass jener in etwa $10^1/_2$ Stunden und dieser in ca. 9 Stunden eine Achsendrehung ausführt. Dieses Ergebnis erlaubt weitere Schlüsse über die Beschaffenheit, also hauptsächlich über die Temperatur ihrer Atmosphären. Nehmen wir die Intensität von Licht und Wärme für die Erde zu 1 an, so ergibt sich für Jupiter 0,037, für Saturn 0,011, für Uranus 0,003, für Neptun 0,001. Diese Behauptung fusst aber auf der Annahme gleichempfänglicher Atmosphären, was offenbar nicht zutrifft. Im Gegenteil bringen uns alle Schlüsse zu

der Vermutung, dass die Atmosphären dieser aüssern Planeten in dem Masse für Wärme und Sonnenlicht empfänglicher sind, als sie weiter von der Sonne abstehen, wobei noch eine Reduktion auf eine einheitliche Achsendrehung vorzunehmen wäre.

Das Spektrum des Uranus lässt einstweilen uns die Frage offen, ob dieser Planet in geringem Grade noch selbstleuchtend sei. Die Monde des Uranus stehen beinahe senkrecht auf dessen Bahn. Daraus hat man geschlossen, dass seine Drehachse nahezu in seiner Bahnebene liege. Die Schnelligkeit der Achsendrehung dieses Planeten ergibt sich aus dem Rundgange seiner Satelliten, wie ich früher schon angedeutet habe.

Da Uranus seinen Rundgang in 84 Jahren vollendet, so müsste unter obiger Voraussetzung, dass die Achse A B nahezu in der Bahnebene liege, und dass sie wie die andern Planetenachsen während des Rundganges in parallelen Lagen verharre, einmal der Pol A, und im entgegengesetzten Punkte der Bahn der Pol B und in den beiden Quadraturen ein Punkt des Aequators gegen die Sonne gerichtet sein. Es müssten sich dabei, wenn auch der Einfluss des Sonnenlichtes ein minimer ist, gewisse Schwankungen ergeben, welche den Astronomen auf die Länge nicht verborgen bleiben könnten.

Auch Neptun wird uns mit der Zeit noch weitere Aufschlüsse geben.

290. Die Planeten in frühern Weltaltern. Indem ich vorerst auf Nr. 232/4 verweise, füge ich noch Einiges bei. Es konnte also in jenen frühern Weltaltern vorkommen, dass die Ursonne eine Achsendrehung hatte, dass ein heliotischer Urplanet derselben entgegen einen rücklaüfigen Rundgang machte, dass ferner ein geotischer Ursatellit einen rechtlaüfigen Rundgang um seinen nähern Hauptkörper ausführte, und zugleich eine selbständige Achsendrehung zeigte, welche von dem Licht- und Wärmeeinfluss seiner beiden Hauptkörper abhängig war. Für alle diese Verhältnisse sind die doppelten und vielfachen Sterne ein treuer Spiegel. Nur schade, dass auf die ungeheuren Entfernungen die Richtungslinien und Richtungsebenen schwer zu entwirren sind.

Die Anhänger der Stabilität werden aber fragen: Wie kann die Erde aus einer frühern rücklaüfigen Bahn in die rechtlaüfige übergegangen sein; wie kann der Mond aus einer früher selbstän-

digen Achsenrotation auf die mit der Rundbahn verbundene Achsendrehung gekommen sein?

Ich will die Hauptpunkte zum Schlusse nochmals wiederholen. Gesetzt, eine kleinere, selbständige, heisse Stoffmasse sei unverdichtet in unmittelbarer Nähe der aüssern Sonnenatmosphäre und werde von dem anschliessenden Aether beeinflusst. Wird unter diesen Umständen der Einfluss ringsum derselbe sein? — Das ist nicht gedenkbar. Vielmehr wird der von der Sonne oder sonstigen leuchtenden Hauptkörpern beschienene Teil des Nebenkörpers mehr erhitzt von den Lichtstrahlen als der abgewandte, und letzterer mehr abgekühlt von dem Aether. Dadurch wird das Gleichgewicht in der Wärme des Nebenkörpers gestört. Je nach dem Grade dieser Störung und der Beschaffenheit des Nebenkörpers wird die Ungleichheit durch die Achsendrehung, durch einen grössern Abstand von der Wärmequelle oder durch beide gutgemacht. Zugleich wird die selbständige Masse in dem Aether des Hauptrotationsstromes passiv mitgerissen. Auch hier wird sie nicht von allen Seiten gleich beeinflusst. So lange die untergeordnete Stoffmasse noch eine hohe eigene Wärme besitzt, und in Folge ihrer unregelmässigen Gestalt keine Achsendrehung ausführen kann, wird sie auf der Seite, woher die Aetherströmung kommt, die grösste Abkühlung erfahren, bedeutend an Umfang abnehmen und notwendig nach dieser Richtung gelenkt werden, wodurch eine rücklaüfige Bahn entsteht. So wie aber die Stoffmasse soweit abgekühlt ist, dass sie die für diesen Vorgang nötige, einseitige Wärme nicht mehr leicht und schnell genug abgeben kann, so hört ihre aktive Beteiligung an diesem Vorgang auf und sie muss sich passiv dem Strom des Aethers überlassen: sie verfällt also von selbst der rechtlaüfigen Bewegung.

So ging es zu allen Zeiten im Weltall, so wird es daselbst in alle Ewigkeiten fortdauern, so lange Materie vorhanden ist und Hitze und Kälte auf sie einwirken. Das angeführte Beispiel passt auf grössere und kleinere Nebenkörper, auf die Erde und auf den Mond.

Der Grad der selbständigen Wärme eines Nebenkörpers zeigt sich im Abstand vom Hauptkörper. Die wärmsten Planeten mit den empfindlichsten Atmosphären müssen sich am weitesten von der Sonne entfernen, die kältern Planeten mit unempfindlichen Atmosphären können ihr näher treten. Auch durch die Ab-

plattung der Weltkörper, die Exzentrizität und Neigung der Bahnen u. s. w. verrät sich die eigene Wärme.

Zum Schluss sage ich noch in Kürze: Auch die nähern Planeten waren einst Kometen und zeigten damals analoge Gestalten, analoge Bewegungen, analoge Wärmeverhältnisse!

291. Die Einheit des Sonnensystems. Jede neue Theorie kann mit Fug und Recht an die Stelle der alten gesetzt werden, wenn sie auf vernünftiger Grundlage eine grössere Anzahl Erscheinungen einheitlich erfasst und durch einfachere Mittel ihren innern Zusammenhang zeigt.

In dieser Beziehung darf sich die neue Lehre wohl sehen lassen. Sie wirft den hinderlichen Ballast der unmittelbaren Kräfte über Bord und erklärt die Anziehung und Abstossung der Atome und der Weltkörper durch die entgegengesetzten Wirkungen der Hitze und der Kälte.

Die neue Lehre zeigt:

1. Die Einheit des Stoffes, woraus die unzähligen Weltkörper bestehen;
2. die Einheit der Eigenschaften dieses Stoffes oder die Einheit der Naturkräfte;
3. die Einheit der Entwicklung der Weltkörper, trotz der mannigfaltigen Gestalten, Lichterscheinungen und Bewegungen.

Fixsterne, Sonnen, Planeten, Monde, Kometen, Meteore u. s. w. sind einheitlich an Stoff, einheitlich an allen Erscheinungen der Anziehung, des Lichtes, der Bewegung; nur verschieden nach Grösse, nach individuellem Alter und damit zusammenhängend an Gestalt, Bahn u. s. w.

Der Stabilität kann das Weltall entbehren; der ewige Wechsel kommt an ihre Stelle. Deswegen braucht es keine Furcht. Das Weltall ist besser eingerichtet, als engherzige Philosophen wähnen; die Triebfeder und der Regulator sind ein und dasselbe: die Wärme.

292. Schlusswort. So hätte ich als Führer den Gipfel erreicht, wo das Sternenzelt mit seinen Wundern näher liegt und die Seele sich ungestört der erhabenen Natur hingeben kann. Wie unvollkommen ist aber mein bisheriger Hinweis gegenüber der

offen vorliegenden Schöpfung. Und wie sollte es anders sein, da meine Gedanken unterwegs so vielfach von den Mühen des Tages belästigt und von vielen, anderweitigen Dingen abgelenkt wurden.

Die Mineralien, Pflanzen und Tiere, welche nebenbei unsere Aufmerksamkeit auf sich gezogen haben, geben uns eine Vergleichung für die Mannigfaltigkeit und Schönheit der Gebilde dunkler Weltkörper; der Schmelztigel, der Hochofen, Dampf und Blitz geben uns einen Anhaltspunkt für die Eigentümlichkeit und Mannigfaltigkeit der leuchtenden Sphären.

Welch hoher Gedanke, ein Schauspiel wie z. B. die Sonnenprotuberanzen aus sicherer Ferne mitanzusehen und sich im Stillen an seiner überwältigenden Erhabenheit weiden zu können!

Wenn ich auch an den Systemen eines Newton und Laplace Anstoss nehme, so geschieht es schliesslich unter Hinweis der grossen Verdienste, welche diese Männer für alle Zeiten der Wissenschaft geleistet haben. Newton eröffnete der Astronomie die streng wissenschaftliche Bahn und legte unumwunden seine Zweifel dar. Laplace stützte die himmlischen Bewegungen durch seine erweiterte Analysis, die auch für die Folgezeit noch wichtig bleibt. Freilich entging ihm dabei, dass einige seiner Grundsätze im Verlauf der Zeiten ins Wanken geraten könnten.

In der vorliegenden Arbeit habe ich das speziell Mathematische möglichst vermieden, um den Einblick in die neue Lehre jedem gebildeten Freunde der Natur zu ermöglichen.

Sollte mir einst mehr Musse beschieden sein, so werde ich die Konsequenzen auf die Geologie, Meteorologie, Darwinismus, Physik u. s. w. anwenden und neue Perspektiven eröffnen.

Die nähere Bekanntschaft mit dem Weltall wird zu einer Quelle des Segens; sie adelt unsern Sinn.

INHALTS-VERZEICHNIS.

Erstes Buch.

Geschichte der Theorie über die Massenschwere.

Kapitel 1.

Einleitung.

		Seite.
1.	Umfang und Zweck des Werkes	3
2.	Vorzüge der Naturwissenschaften	4
3.	Notwendigheit der ethischen Wissenschaften	5
4.	Ueber die Wahrheit	6
5.	Bruch mit der newtonischen Theorie	7
6.	Einteilung	10

Kapitel 2.

Die Ansichten des Altertums.

7.	China, Indien, Babylonien und Egypten	12
8.	Die jonische Schule	13
9.	Die Pythagoräer	14
10.	Die spätern griechischen Naturphilosophen	14
11.	Plato und Eudoxus	15
12.	Aristoteles	16
13.	Das Museum in Alexandrien	19
14.	Einfluss der römischen Weltherrschaft	20
15.	Plinius	22
16.	Klaudius Ptolemäus	27

Kapitel 3.

Herrschaft des ptolemäischen Systems.

17.	Blütezeit der muhamedanischen Astronomie	29
18.	Auferweckung des Abendlandes	30
19.	Errungenschaften des 15. Jahrhunderts	31
20.	Die letzten Aenderungen am ptolemäischen System	33

Seite.

Kapitel 4.

Erkenntnis der wahren Bewegungen der Weltkörper.

21. Kopernikus 33
22. Das Werk „über die Umdrehungen“ 36
23. Tycho und Kepler 37
24. Baco, Galilei und das Experiment 38
25. Weitere Experimentatoren 40
26. Fortschritte im Jahrhundert des kopernikanischen Systems . . 41
27. Das Rechnen 44

Kapitel 5.

Die kartesianischen Wirbel.

28. Descartes 45
29. Descartes' „Prinzipien“ 48
30. Die Schöpfung und ihre Deutung 52
31. Entfernung, Beleuchtung und Theorie der Weltkörper . . . 54
32. Der Weltenstoff nach Wesen und Bewegung 57
33. Die Wirbel 59
34. Die Sonnenflecken 60
35. Kometen und Planeten 62
36. Die Schwerkraft 65
37. Die Gezeiten 67
38. Das goldene Zeitalter Ludwigs XIV. 68
39. Die Mängel der Wirbeltheorie 70

Kapitel 6.

Die newtonische Theorie.

40. Newton 72
41. Die Definitionen 74
42. Grundsätze oder Gesetze der Bewegung 75
43. Die Abteilungen des 1. Buches 76
44. Die Abteilungen des 2. Buches 77
45. Proposition 52 des 2. Buches , . . 78
46. — 53 des 2. Buches 81
47. Die Regeln zum Philosophiren 84
48. Die Himmelserscheinungen 85
49. Propositionen 1—8 des 3. Buches 86
50. — 9 und 10 des 3. Buches 91
51. — 11—18 — 92
52. Proposition 19 — 94
53. — 20 — 96
54. Propositionen 21—35 — 99
55. — 36—38 — 100
56. — 39—41 — 104

Seite.
57. Proposition 42 des 3. Buches 107
58. Schlussanmerkung 109
59. Kampf um Wirbeltheorie oder Massenschwere 112
60. Sieg der Massenschwere 114
61. Urteile über Descartes und Newton 115
62. Das Zeitalter Newton's 118
63. Sternkarten 122

Kapitel 7.

Das kantsche Weltsystem.

64. Kant 123
65. Veranlassung 125
66. Kurze Uebersicht der Weltkörper 126
67. Von dem Ursprung der Planeten und den Ursachen ihrer Bewegungen 127
68. Von der Dichtigkeit und Masse der Planeten 128
69. Von der Exzentrizität der Planetenbahnen u. dem Ursprung der Kometen 130
70. Von dem Ursprung der Monde und der Achsendrehung der Planeten 131
71. Ursprung des Ringes bei Saturn und Berechnung der Achsendrehung dieses Planeten 133
72. Von dem Zodiakallichte 135
73. Von der Schöpfung im ganzen Umfange ihrer Unendlichkeit, sowohl dem Raume, als der Zeit nach 136
74. Allgemeine Theorie und Geschichte der Sonne 139
75. Beweis von der Richtigkeit einer mechanischen Lehrverfassung des Weltbaues 140
76. Von den Bewohnern der Weltkörper 143
77. Frühere Stimmen über die Bewohnbarkeit der Weltkörper . . 147
78. Lambert's Sternsysteme 150

Kapitel 8.

Die Theorien von Laplace.

79. Laplace 151
80. Brücke zwischen Newton und Laplace 152
81. Die übereinstimmenden Bewegungen der Weltkörper . , . . 155
82. Entstehung des Sonnensystems . . . , ... 157
83. Die Ringbildung 158
84. Die Kometen 160
85. Das Zodiakallicht und damit verbundene Eigenschaften der Erde . 162
86. Die Satelliten 163
87. Die Meteore 165
88. Die Dauer des Weltsystems 166
89. Stabilität des Sonnensystems, die Erdachse und die grossen Achsen der Planetenbahnen 167
90. Stabilität, die gegenseitigen Umlaufszeiten 169

Seite.
91. Stabilität, die Tageslänge 170
92. Stabilität, andere Ursachen 171
93. Die Libration des Mondes 172
94. Weitere Eigentümlichkeiten des Mondes 174
95. Unterschied zwischen Kant und Laplace 175

Kapitel 9.

Die Fortschritte der Astronomie seit dem letzten Quartal des 18. Jahrhunderts.

96. Hochschulen, Akademien und Sternwarten 177
97. Physik, Chemie, Verkehr u. s. w. 179
98. Die Fixsterne 181
99. Die Nebelflecken 182
100. Die Milchstrasse 184
101. Die Sonne 184
102. Uranus 186
103. Die Planetoiden 187
104. Neptun 188
105. Die alten Planeten 189
106. Die Erde 190
107. Der Mond 192
108. Die Kometen 193
109. Die Meteore 194
110. Stimmen über die Bewohnbarkeit der Weltkörper 195

Zweites Buch.

Unrichtigkeit der Massenschwere.

Kapitel 1.

Mängel der newtonischen Schwere.

111. Vormerk 199
112. Die absolute Unmittelbarkeit Newton's 200
113. Die relative Unmittelbarkeit Newton's 201
114. Die Unmittelbarkeit der Newtonianer 202
115. Gemeinsame Widersprüche Newton's und der Newtonianer . . . 204
116. Widersprüche Newton's, welche von Newtonianern missbilligt werden 206

Seite.
117. Die Analogie mit dem Licht 207
118. Veränderte Voraussetzungen, Aether 209
119. Veränderte Voraussetzungen, Sonnenlicht 210
120. Der erste Anstoss 210
121. Die Kometen 212
122. Die Ausnahmen und Aenderungen 213
123. Ein Beispiel der Massenbestimmung 214
124. Die irdischen Verhältnisse 215
125. Der Einwand gegen diese Mängel 217
126. Die Hypothese 217

Kapitel 2.

Mängel des kantschen Weltsystems.

127. Die Planeten 218
128. Die Kometen 220
129. Die Trabanten 220
130. Der Saturnring 221
131. Die Sonne 222
132. Bewohnbarkeit der Weltkörper 222

Kapitel 3.

Mängel der laplaceschen Theorien.

133. Bildung und Bewegung der Planeten und Trabanten 223
134. Der erste Anstoss betreffend Achsendrehung 225
135. Der erste Anstoss betreffend Rundgang 226
136. Die Monde 227
137. Die Exzentrizität 229
138. Die Kometen 230
139. Die Meteore 232
140. Die Schwere 232
141. Achsendrehung und Abplattung der Erde 233
142. Die Dichtigkeit in Verbindung mit Achsendrehung und Abplattung . 235
143. Die Präzession 236
144. Die Gezeiten 238
145. Stabilität, Widersprüche 239
146. — Ausschluss der Kometen 239
147. — andere Stimmen 241
148. — mathematischer Beweis 243
149. — Zeugnis der Erde 245
150. Uebersicht der Mängel 246

Drittes Buch.

Wesen und Wirken der Kälteschwere.

Kapitel 1.

Beziehungen der Schwere und der Wärme.

Seite.

151. Die physische und chemische Anziehung 247
152. Schwere und Gravitation 249
153. Kohäsion und Schwere 250
154. Schwere und Wärme 252
155. Bewegung und Ruhe 254
156. Uebereinstimmung des Aggregatzustandes und der Schwere . . 255
157. Schwere eines unselbständigen Körpers und eines selbständigen Weltkörpers 257
158. Der relative Wert der Kohäsion und der Schwere 258
159. Äusserungen der Schwere : . 259
160. Schwere bei grosser Hitze 261
161. Schwere bei grosser Kälte 263
162. Einheitliche Wirkung der Wärme 264
163. Die Schwere im Erdinnern 266
164. Ausgleichung der Wärme durch das Wasser 268
165. Wärme und Pflanzenwelt 270
166. Wärme und Tierwelt 272
167. Schwere 273

Kapitel 2.

Schwere und Luftdruck.

168. Dunstkreis der Erde 274
169. Ergebnisse der Luftwage 276
170. Bisherige Theorie des Luftdruckes 278
171. Kritik der bisherigen Theorie 279
172. Mitbeteiligung der Wärme beim Luftdruck 281
173. Eigentümlichkeiten des Luftdruckes 282
174. Luftdruck auf andern Weltkörpern 285

Kapitel 3.

Kundgebungen der Schwere.

175. Die Ursache des Gewichtes 287
176. Gewicht der tauchenden Körper 289
177. Gewicht auf verschiedenen Weltkörpern 291
178. Die absolute und relative Fallgeschwindigkeit 293
179. Ursache und Unterschied der Fallgeschwindigkeit 294

Seite.

180. Das Fallgesetz 295
181. Die Fallgeschwindigkeit im Weltall 297
182. Die Richtung des Senklotes 298
183. Die Ursache dieser Ablenkung 300
184. Weitere Daten über diese Ablenkung 302
185. Der Wasserspiegel der Meere 303
186. Die Wasserwage 305
187. Der Wind und das Erdbeben 308
188. Das Erzittern des Lotes 309
189. Beobachtungen des Tromometers 311
190. Betrachtung über die tromometrischen Verhältnisse 313
191. Die Länge des Sekundenpendels 315
192. Einfluss der Fliehkraft auf das Pendel 318
193. Dichtigkeit der Erde 319

Kapitel 4.

Einfluss der Schwere auf Stoff und Gestalt der Weltkörper.

194. Die Schwere auf andern Weltkörpern 321
195. Eigentümlichkeiten dieser Schwere 323
196. Gestalt der Weltkörper nach Laplace (Schichtung und Abplattung) . 325
197. Dasselbe (Drehungsdauer, Elliptizität) 326
198. Dasselbe (Verschiedenheit der Schichten, Ungleichheiten des Mondes) 327
199. Dasselbe (ursprünglich flüssiger Zustand, Unveränderlichkeit der Drehachse 328
200. Dasselbe (Veränderlichkeit der Temperatur und Drehungsdauer . . 330
201. Dasselbe (Wärmeleitung, Temperatur des kosmischen Raumes) . . 331
202. Dasselbe (Meeresspiegel, Jupiter) 332
203. Einreden über die Kugelgestalt der Weltkörper; Allgemeines . . 334
204. Einreden, Beschaffenheit des Wassers und der Luft 335
205. Einreden, Ursache der Achsendrehung 336
206. Einreden, Veränderlichkeit der Achsendrehung 339
207. Einreden, die Abplattung 340
208. Einreden über Jupiter 341
209. Die Atmosphären der Weltkörper nach Laplace (Allgemeines) . . 342
210. Dasselbe (Drehung) 343
211. Einwendungen über allgemeine und dynamische Eigenschaften der Atmosphären 344
212. Einwendungen über Achsendrehung und Ausdehnung der Atmosphären 345
213. Zusätze über Verdichtung und Gestaltung der Atmosphären . . 347
214. Zusätze über Verdichtung und Ausscheidung der Atmosphären . . 348
215. Das Leuchten eines Urkörpers 350
216. Die Atmosphäre der Kometen 352

Kapitel 5.

Die Kälteschwere und die Sonne.

Seite.
217. Grundzüge der Kälteschwere 353
218. Die Achsendrehung eines Urkörpers 354
219. Die Sonne als Zentralkörper, Abstossung der Nebenkörper . . 356
220. Die Sonne als Zentralkörper, Drehung der Nebenkörper . . . 357
221. Die Sonne als Urball unsers Systems 359
222. Die Sonne als Weltenmutter 360
223. Gestalt und Achsendrehung der Sonne 362
224. Fortpflanzung der Achsendrehung der Sonne auf untergeordnete Weltkörper 364

Kapitel 6.

Die Kälteschwere und die Nebenkörper.

225. Entstehung der Planeten und Satelliten 366
226. Rundgang der Planeten und Satelliten 367
227. Achsendrehung der Monde 370
228. Der Sonnenabstand der Planeten, Allgemeines 372
229. Dasselbe, nach John Herschel 373
230. Dasselbe, Grösse und Entstehung 375
231. Dasselbe, Gruppen nach Grösse und Alter 376
232. Veränderlichkeit der Achsendrehung und des Rundganges, Haupt- und Nebenkörper 378
233. Dasselbe, Nebenkörper 2. Ordnung 380
234. Dasselbe, Planetoiden, Erde 381
235. Newton's Veranlassung zur Massenschwere 382

Kapitel 7.

Achsenstellung und Exzentrizität der Weltkörper.

236. Achsenstellung der Planeten 384
237. Exzentrizität der Planetenbahnen 386
238. Verschiedenheit des Rundganges in Perihel und Aphel, die keplerschen Gesetze 388
239. Beziehungen zwischen Achsenstellung und Exzentrizität . . . 389
240. Allmälige Veränderungen in der Schiefe der Ekliptik und in der Exzentrizität der Erdbahn 392
241. Rangstellung, Achsenstellung und Exzentrizität der Satelliten . . 394
242. Lage der Planeten- und Satellitenbahnen zur Sonne 397
243. Ursache der Präzession 398
244. Grösse der Präzession 400
245. Ungleichheiten des Mondlaufes 401
246. Aenderung der Knoten- und Absidenlinie des Mondes . . . 403
247. Die Absidenlinie der Erde 404

Kapitel 8.

Die tatsächlichen Verhältnisse des Sonnensystems und die neue Theorie.

Seite.

248. Die Sonne 405
249. Die Atmosphäre der mittlern und kleinen Planeten 407
250. Die Atmosphäre bei Jupiter und Saturn 410
251. Die Atmosphäre bei Uranus und Neptun, Rückblick 413
252. Die Mondatmosphäre 414
253. Achsenstellung und Exzentrizität bei den Planeten 416
254. Achsenstellung und Exzentrizität bei demErdmond und bei den Marsmonden 419
255. Achsenstellung und Exzentrizität bei den Trabanten der Riesenplaneten 420
256. Abplattung der Planeten und Trabanten 423

Kapitel 9.

Die Tiden.

257. Widersprüche der bisherigen Theorie 426
258. Fortsetzung, Widersprüche 428
259. Der Lichtwechsel des Mondes 430
260. Beschreibung der Tiden 432
261. Fortsetzung der Beschreibung 433
262. Grundzüge der neuen Theorte der Tiden 436
263. Die Tiden der Syzygien und Quadraturen 438
264. Die Verspätungen der Tiden 439
265. Einfluss der Sonnen- und Erdnähe 440
266. Einfluss der Deklination der Sonne und des Mondes 441
267. Angaben über Fluthöhe und Hafenzeit 442
268. Verschiedene Betrachtungen 444
269. Folgerungen aus den Tiden 445

Kapitel 10.

Die Kometen.

270. Grundzüge 447
271. Ursprung der Kometen 448
272. Gesetze der Kometenbildung 450
273. Die Rücklaüfigkeit der Kometen 451
274. Form der Kometenbahn in der Sonnennähe 452
275. Der Komet in der Sonnenferne 453
276. Kometenbahn in der Sonnenferne 455
277. Der Komet zwischen der Sonnenferne und der Sonnennähe . . 457
278. Der zur Sonnennähe zurückgekehrte Komet 458
279. Allmälige Veränderungen 460
280. Die alten Kometentheorien 462
281. Die neue Kometentheorie 463

Kapitel 11.

Kometenähnliche Weltkörper.

		Seite.
282.	Die Meteore	464
283.	Die Asteroiden und die neue Theorie	466
284.	Angaben über die Asteroiden	467
285.	Die Saturnringe	469
286.	Beschreibung des Tierkreislichtes	470
287.	Theorie des Tierkreislichtes	472
288.	Ausserordentliche Dämmerung und braunroter Sonnenkranz seit 1883	474
289.	Die aüssern Planeten	478
290.	Die Planeten in frühern Weltaltern	479
291.	Die Einheit des Sonnensystems	481
292.	Schlusswort	481

Bemerkungen.

Der Kürze wegen schreibe ich z. B. — 500 (spr. minus 500) anstatt im Jahr 500 vor Christi Geburt;

und der Einfachheit wegen (besonders bei der Kurrentschrift) setze ich die *richtige* Schreibweise anstatt der *gebraüchlichen* für den Doppellaut *„aü“*, z. B.

Saüle anstatt Säule,
Raüme „ Räume.

Druckfehler.

Seite	12	Zeile	33	lies	Dio		
„	24	„	16	„	Sulpicius		
„	25	„	21	„	Abend	statt	Abond
„	26	„	24	„	das	„	der
„	31	„	1	„	wurde	„	wurd
„	42	„	17	„	Rhabarber	„	Rhabarbar
„	45	„	29	streiche	in		
„	59	„	18	lies	, ander-	statt	ander-
„	99	„	3	„	35	„	36
„	102	„	26	streiche	sich		
„	104	„	5	lies	dieselbe,	„	, dieselbe
„	116	„	20	streiche	die		
„	119	„	1	„	von der Sonne		
„	120	„	9	„	etwa		
„	122	„	23	lies	2)	statt	3)
„	149	„	19	„	ähnliche	„	ähnlichen
„	151/4			„	d'Alembert		
„	156	„	13	„	wieder-	„	wider-
„	160	„	14	streiche	,		
„	185	„	12	lies	65	„	63
„	191	„	34	„	Hutton		
„	192	„	12	„	Weltkörper	„	Weltköper
„	201	„	13	„	eine	„	sine
„	222	„	31	„	dankbar	„	danbar
„	245	„	8	„	zurück	„	zurük
„	273	„	6	„	auszudeh-	„	ausdeh-
„	274	„	26	„	Es	„	Er
„	305	„	12	„	grösser	„	gössser
„	310	„	6	„	für	„	füs
„	310	„	6	„	das	„	der
„	329	„	4	„	Bernoulli		
„	331	„	23	„	benutzte	„	benntzte
„	335	„	20	„	der	„	des
„	337	„	8	„	auch	„	anch
„	350	„	37	„	billionen-	„	billonen-
„	353	„	18	„	Wärme	„	-verhältnis
„	401	„	27	„	ist in	„	in
„	440	„	24	„	Bernoulli		

Seite	447	Zeile	19	lies	Weltkörpern	statt	Weltkörper	
„	452	„	19	„	der	„	des	
„	455	„	19	„	nachzu-	„	nahzu-	
„	455	„	31	„	verhält-	„	nerhält-	
„	455	„	33	streiche	in			
„	478	„	12	lies	0,9	„	7,9	

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Bayerische StaatsBibliothek
Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Beglinger, Johannes

Das Weltgesetz oder neue Theorie der allgemeinen Schwere

Zürich 1885

BHS II L 15
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11558556-6